

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 60-218166

(43)Date of publication of application : 31.10.1985

(51)Int.Cl.

G06F 15/62

G06K 9/00

G06K 9/20

G06K 9/46

(21)Application number : 59-075341

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 14.04.1984

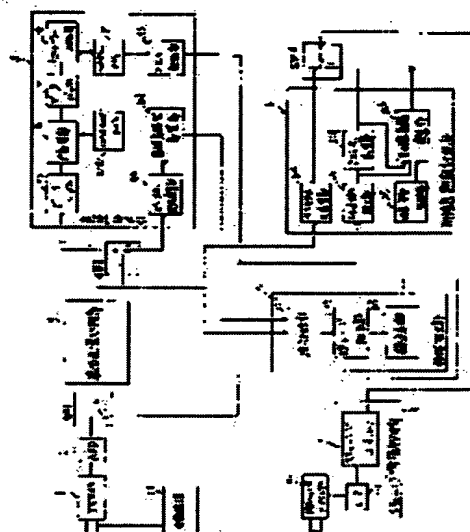
(72)Inventor : MARUYAMA TSUGUHITO
KAHARA KEIJI

(54) PICTURE PROCESSOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To execute segmentation necessary for the recognition of a three-dimensional substance at a high speed by finding out the inclination and coordinates of the surface of each closed loop area obtained by picking up the image of a substance in a three-dimensional space.

CONSTITUTION: The image of the substance in the three-dimensional space is picked up by a TV camera 1 and its picture information is inputted to a straight line extracting part 4, an area extracting part 5 and a surface inclination/distance measuring part 6 through an A/D converter 2, a change-over switch SW1 and a density picture processing part 3. A cross slit light projector 112 irradiates a slit light image only to a required surface on the basis of the surface information obtained from the extracting part 5 and the surface inclination/distance measuring part 6 calculates the inclination of the surface and the coordinates of the three-dimensional space on the basis of the slit light image.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

⑫ 公開特許公報(A)

昭60-218166

⑮ Int. Cl.⁴G 06 F 15/62
G 06 K 9/00
9/20
9/46

識別記号

庁内整理番号

6619-5B
Z-8320-5B
8419-5B
8320-5B

⑯ 公開 昭和60年(1985)10月31日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全 33 頁)

⑰ 発明の名称 画像処理装置

⑱ 特 願 昭59-75341

⑲ 出 願 昭59(1984)4月14日

⑳ 発 明 者 丸 山 次 人 川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
㉑ 発 明 者 花 原 啓 至 川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
㉒ 出 願 人 富 士 通 株 式 会 社 川崎市中原区上小田中1015番地
㉓ 代 理 人 弁 理 士 松 岡 宏 四 郎

引 細 書

1. 発明の名称

画像処理装置

2. 特許請求の範囲

3次元空間上の物体を撮影する撮影手段と、前記撮影手段により得られた画像情報に基づいて前記物体を構成する面を抽出する面抽出部と、前記面抽出部により得られた面情報に基づいて所望の面上のみにスリット光を照射する照射部と、前記所望の面上のみに照射されるスリット光像を撮影して得られたスリット光像情報に基づいて前記面の傾きと3次元空間座標を算出する面情報算出部と含んで成る画像処理装置。

3. 発明の詳細な説明

(a) 発明の技術分野

本発明は、物体を構成する面上にスリット光を照射して得られたスリット光像情報に基づいて、前記面の3次元空間上における傾きと座標を算出する画像処理装置に関するものである。

(b) 技術の背景

例えば、ロボットの移動、あるいはロボットに作業を行なわせようとする場合、ロボットの作業領域内の物体の3次元的位置・姿勢・形状を知ることが必要となる。すなわち3次元物体認識が必要で、特にロボットから対象物までの距離と対象物の面の傾き情報を得ることが重要な課題となっている。

(c) 従来技術と問題点

従来、3次元空間内の物体を撮影して得られた画像情報から前記物体の面情報を抽出するセグメンテーションの方法として距離情報を利用したものがある。

例えば、スリット光を3次元空間上に照射すると共に、走査させ、このスリット光像をTVカメラ等により受光し、その位置情報から距離情報を求めることが行なわれている。

しかしながら、この方法は、TVカメラの撮影画面内の全ての点の距離を計測する必要があり、物体までの距離を求めるのに非常に長い時間を必要とするという欠点を有する。

すなわち、距離情報を得てから平面領域の抽出、面の傾き、さらに領域の統合といったセグメンテーションまでの処理を実行するには、より一層多くの計算時間が必要となり、ロボットを実時間制御することができないという欠点があった。

(d) 発明の目的

本発明の目的は、前述した従来の欠点に鑑み、3次元空間内の物体の面の傾きと座標情報を短時間に算出することのできる画像処理装置を提供することにある。

(e) 発明の構成

そして、この目的は、3次元空間上の物体を撮影する撮影手段と、前記撮影手段により得られた画像情報に基づいて前記物体を構成する面を抽出する面抽出部と、前記面抽出部により得られた面情報に基づいて所望の面上のみにスリット光を照射する照射部と、前記所望の面上のみに照射されるスリット光像を撮影して得られたスリット光像情報に基づいて前記面の傾きと3次元空間座標を算出する面情報算出部と含んで成る画像処理装置

を提供することにより達成される。

(f) 発明の実施例

以下、本発明に係る画像処理装置の実施例を図面を用いて詳細に説明する。

第1図は、本発明に係る画像処理装置の実施例を説明するための図である。

図において、1はTVカメラ、2はA/D変換器、3は濃淡画像処理部、4は直線抽出部、5は領域抽出部、6は面傾度・距離計測部、8はスキヤニング機構制御部である。

また、SW I、SW II、SW IIIはそれぞれ切換スイッチであって、例えば中央処理装置CPU 21からの制御信号により切換えられる。

第1図に示される画像処理装置の動作について説明する。

その動作は、次の3つの処理に分れる。

(1) TVカメラ1により3次元空間を撮影して得られた画像情報中から計測すべき物体を構成する面を抽出する

3

④得られた面内に十字スリット光を照射する
⑤面の傾き及び座標を算出するために、面上に照射されたスリット光の傾き、十字スリット光のクロス点を検出する
である。

まず、(1)のTVカメラ1により3次元空間を撮影して得られた画像情報中から計測すべき物体を構成する面を抽出する処理について説明する。

まず、切換スイッチSW Iを“1”側とした状態で、TVカメラ1により3次元空間を撮影し、得られたアナログ画像信号をA/D変換器2によりデジタル画像信号に変換した後に、濃淡画像処理部3に入力する。

濃淡画像処理部3の動作について以下に説明する。

第2図は、濃淡画像処理部3を説明するための図である。

その基本構成は、第1空間フィルタ演算部12、第2空間フィルタ演算部13、極点抽出部14、閾値処理部15、雑音除去部16であり、第1空

4

間フィルタ演算部12と第2空間フィルタ演算部13は切換スイッチ部17により直列または並列に接続され、並列接続状態の場合には絶対値演算部18が挿入される。

第1空間フィルタ演算部12及び第2空間フィルタ演算部13は同一構成であり、その詳細は第1空間フィルタ演算部12により、フィルタサイズが3×3の場合について代表的に説明する。

空間フィルタ演算部では、次式(1)で与えられる演算を行なうものである。

$$Y_{m,n} = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 X_{m+1,n+1} \cdot f_{i,j} / H \quad (1)$$

ここで、 $X_{m,n}$ 、 $Y_{m,n}$ は、第3図に示す如く、各々画面上m行n列の画素の濃淡レベル値のフィルタリング前後の値を示し、 $f_{i,j}$ は荷重係数、Hは正極化係数である。このフィルタは $Y_{m,n}$ の値を注目画素 $X_{m,n}$ とその周囲8画素 $X_{m+1,n+1}$ ($i=1, 0, -1, j=1, 0, -1$ ただし $i=j=0$ を除く)との重み($f_{i,j}$)付け演算によって決定するものであり、第4図に示す如く、 $f_{i,j}$ の値の選び方によってフィルタの特性を様々に変え

5

6

ることができる。

したがって、荷重係数 $f_{i,j}$ を第3図(ロ)の如く定め、正規化係数 H を $H=1/6$ と定めるとき、 $Y_{m,n}$ は次式(4)により求められる。

$$Y_{m,n} = \frac{1}{16} (X_{m-1,n-1} \times 1 + X_{m,n-1} \times 2 + X_{m+1,n-1} \times 1 + X_{m-1,n} \times 2 + X_{m,n} \times 4 + X_{m+1,n} \times 2 + X_{m-1,n+1} \times 1 + X_{m,n+1} \times 2 + X_{m+1,n+1} \times 1) \quad \dots (4)$$

第2図において、第1空間フィルタ演算部12と第2空間フィルタ演算部13が切換スイッチ部17により直列接続されている場合について説明する。このとき、1段目の第1空間フィルタ演算部12を平滑化フィルタ用に、2段目の第2空間フィルタ演算部13を画像強調フィルタ(ハイパス、ラブラシアン)用に用い、TVカメラの走査信号と同期させることによって、リアルタイムで画像雑音の低減と対象の輪郭強調を行なうことができる。

さて、前記(4)式の演算を実現するためのハード構成について説明する。この空間フィルタ演算部は第5図に示す如く、データシフト回路30、乗

算回路31、加算回路32、割算回路33の4つの部分から構成される。

データシフト回路30は1画面分の画像データに対して 3×3 の空間フィルタリング処理を実行するために、第6図に示す如く、2行+3画素のデータをシフトレジスタを用いて記憶格納し、次段の乗算回路31に $X_{m+1, n+j}$ ($i=1, 0, -1, j=1, 0, -1$)の9画素を送出する機能を持っている。

第6図において、1行 p 画素、2濃淡レベルの画面データの場合について説明する。第1図のA/D変換器2により1画素 q ビットで表示されたデータを、1段目は3画素分、2段目及び3段目は p 画素分のシフトレジスタを用いて保持する。

そして各段の最後の3画素については、次段の乗算回路31へ同時に各画素のデータを送出できるようにラッチまたはフリップフロップ $R_1 \sim R_9$ を縦続接続するかシリアル・インーパラレル・アウトのシフトレジスタを使用することにより9画素の送出が実現できる。そして2段目及び3段

7

目は $(p-3)$ 画素分のシフトレジスタ34、35を使用して送出分以外の画素のデータを保持する。そしてこのデータシフト回路30は、TVカメラ1の走査信号により1画素ずつシフトする。

乗算回路31は、第7図に示す如く、データシフト回路30から送出された9画素の各々に対してあらかじめ設定した荷重係数 $f_{i,j}$ ($i=-1, 0, 1, j=-1, 0, 1$)を乗じて次式(5)を求める機能をもつ。

$$W_{m+1,n+j} = X_{m+1,n+j} \times f_{i,j} \quad \dots (5)$$

$$(i=-1, 0, 1, j=-1, 0, 1)$$

そのために、第7図に示す如く、第1乗算器36～第9乗算器44の9個の乗算器を用い、第1乗算器36には荷重係数 $f_{-1,1}$ が設定されておりデータシフト回路30より送出された画素 $X_{m+1,n-1}$ との乗算が行なわれる。そして第2乗算器37には荷重係数 $f_{-1,0}$ が設定されておりデータシフト回路30より送出された画素 $X_{m+1,n}$ との乗算が行なわれる。このようにして第7図に示す乗算回路38～44により前記(5)式における乗算を行な

9

8

うことができる。

加算回路32は、前記乗算回路31で演算された9個の値 $W_{m+1,n+j}$ ($i=-1, 0, 1, j=-1, 0, 1$)から、これらの和である次式(6)を求める加算機能をもつ。

$$Z_{m,n} = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 W_{m+1,n+j} \quad \dots (6)$$

$$(i=-1, 0, 1, j=-1, 0, 1)$$

そのために第8図に示す如く、第1加算器45～第8加算器52を使用している。

さらに割算回路33は、前記乗算回路31及び加算回路32における乗算演算、加算演算により増加した濃淡レベル $Z_{m,n}$ を、第2図の画像メモリ19及びモニタ用TV(図示しない)の濃淡レベルの範囲に収まるように、正規化係数 H で割り、

$$Y = \frac{Z_{m,n}}{H} \quad (= (7) \text{式}) \quad \dots (7)$$

を求めるものである。ここで正規化係数 H は、実現し易さから $\sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 f_{i,j}$ に近くそれより大きな 2 ($k=0, 1, 2, \dots$)の値を選ぶ。この割算回路33は第9図に示す如く、第1データセクタ53～第8データセクタ60により構成さ

10

れており、前記図式の演算を行なうことにより前記(1)式の最終演算結果の $Y_{m,n}$ が得られるものである。この第9図は、8ビットの濃淡画素を前記の如く乗算演算及び加算演算により16ビットの濃淡レベルのデータ $Z_{m,n}$ になったものを8ビットデータ $Y_{m,n}$ に減らすときの例であって、第1データセクタ53には16ビットデータ $Z_{m,n}$ のうち2～9ビットを入力し、第2データセクタ54には16ビットデータ $Z_{m,n}$ のうち3～10ビットを入力し、以下同様にして第3データセクタ55には4～11ビットを入力し、第4データセクタ56には5～12ビットを、第5データセクタ57には6～13ビットを、第6データセクタ58には7～14ビットを、第7データセクタ59には8～15ビットを、第8データセクタ60には9～16ビットをそれぞれ入力する。そしてセクタラインSLより伝達された3ビットの選択信号に応じて各データセクタ53～60は、前記8ビット入力のうち第1番目～第8番目のいずれか1つのビットを選択出力する。例え

ば 2^7 で $Z_{m,n}$ を商する場合にはそれぞれのデータセクタ53～60より第1番目のビットを出力するように各データセクタ53～60が制御されるので、第1データセクタ53からは2～9ビットのうちの第1番目のビットすなわち16ビットのうちの2ビット目が出力され、第2データセクタ54からは3～10ビットのうちの3ビット目が出力され、第3データセクタ55からは4～11ビットのうちの第1番目のビットすなわち16ビットのうちの4ビット目が出力され、以下同様にして第8データセクタ60からは9～16ビットのうちの9ビット目が出力されることになり、この結果各データセクタ53～60より16ビットの $Z_{m,n}$ を 2^7 で商した値である2～9ビットを出力することになる。

同様にして $Z_{m,n}$ を 2^7 で商する場合には各データセクタ53～60から第2番目のビット、すなわち16ビットのデータよりその3～10ビットを出力すればよく、 2^5 で商する場合には各データセクタ53～60より第3番目のビットを

1 1

出力させて16ビットのデータよりその4～11ビットを出力させればよい。このようにしてN番目のデータセクタには16ビットデータのうちの 2^{15-N} ～ 2^{8-N} ビット目を入力し、割る数 2^k に対応してセクタラインにkの値をセットすることにより割算を高速に実現することができる。

このように、データセクタを用いることにより割算の高速化をはかることができる。

第2図における第1空間フィルタ演算部12と第2空間フィルタ演算部13の荷重係数を適当に選ぶことにより画像上のランダムな雑音の低減の明るさの急変部の強調を行なうことができる。

この荷重係数は、例えば荷重係数保持部22の荷重係数テーブルによりCPU21によって取り出すことができる。

例えば第10図(a)の原画に対して平滑化+ラブラシアン処理を施した後の様子を同図(b)に示す。

第10図(a-1)は光が右斜め上方から円柱の物体74に当たっている場合であり、同図(a-2)はそれを真上から見たときの図、同図(a-3)

1 2

は、同図(a-2)中の、X-Yで示す1次元方向の明るさの変化を示したものである。

また第10図(b-1)は平滑化+ラブラシアン演算後の濃淡レベルの3次元表示であり、同図(b-2)はそれを真上から眺めたときの等明線を示している。さらに同図(b-3)は、同図(b-2)のX-Yで示す1次元方向の断面を示している。

ここで閾値処理によって第5図(b-1)から対象の輪郭線を抽出することについて説明する。

スライスレベルとして、A、B、Cの3レベルを選び、2値化すると、第11図(a)～(c)に示すように各々異なった輪郭線が得られる。第11図(a)ではレベルが高過ぎて輪郭に途切れが生じるし、同図(c)ではレベルが低過ぎて太くなってしまふ。

そのため得られた輪郭線に対して改めて途切れの修復あるいは細線化処理が必要になる。これらの処理はアルゴリズムが複雑で時間のかかるものであるため、リアルタイム処理には適さない。

また、丁度よいスライスレベルが設定できれば

1 3

1 4

第11図例に示すようにきれいに2値化することができるが、原画の濃淡レベルは対象物体の表面状態・色・形、照明条件、レンズの明るさ、絞り等で毎回異なるため、適当なスライスレベルを見つけることは困難である。結局閾値処理だけで対象を一連の線画として抽出し、S/N比のよい画像を得ることは困難である。

そこで、まず極点抽出処理により輪郭候補点の抽出を行なう。

この極点抽出動作原理を第12図を用いて説明する。尚、説明の簡略化のため、第12図例の原画像Pが図示状態の1次元方向の濃度分布を有する場合について、その極点Rを求める例について説明する。

原画像Pを左に一画素Aだけシフトし左シフト画像を P_L （同図例）とし、右に一画素Aだけシフトした右シフト画像を P_R （同図例）とする。そして原画像Pと左シフト画像 P_L を比較して原画像の方が濃度が大きい等しい（以下これを $P \geq P_L$ とする）部分 Q_L （同図例）を抽出し、ま

た原画像Pと右シフト画像 P_R を比較して原画像の方が濃度が大きい等しい（以下これを $P \geq P_R$ とする）部分 Q_R （同図例）を抽出する。

このとき求める極点（極大点）Rは少なくとも両隣りの画素より大きい等しいレベルであると考えられるので、第12図例のように部分 Q_L でかつ Q_R の箇所を抽出することにより極点Rを求めることができる。ただし、 $P = P_L = P_R$ のときは除外する。

ところで、第12図例のLに示す如きパターンで極点が存在するとき、X方向の走査のみではパターンLの極点辺1₁、1₃は抽出できるものの、極点辺1₂、1₄は抽出することができないので、これをY方向にも走査することにより極点辺1₂、1₄を抽出することができる。

したがって、例えば第12図例に示す如き画素A～Iを有する抽出ウインドウW'を使用すればD、E、Fにより2次元の濃淡画像のX方向の極点を、C、E、Gにより45°の斜方向の極点を、A、E、Iにより135°の斜方向の極点をそれ

15

ぞれ抽出できる。

いま、第12図例に示す1フレームを第2図の走査信号発生部20により出力された同期信号に応じて走査線 h_0 、 h_1 、 h_2 ……により順次走査し、各画素を前記の如く比較処理することにより水平、垂直、45°、135°方向の極点を順次抽出することができる。

以上説明した処理を行なう第2図に示される極点抽出部14は、第13図に示す如く、データシフト回路62とデータ比較回路63から構成されている。

データシフト回路62は、第14図に詳記するように、2行+3画素のデータをシフトレジスタを用いて順次保持し、次のデータ比較回路63に対して画素A～Iの9画素を送出する機能を有し、第6図に示すデータシフト回路と同様に構成されている。第1空間フィルタ演算部12及び第2空間フィルタ演算部13よりなる空間フィルタ61の出力は、レジスタr1～r9、P-3ビット長のシフトレジスタ回路62に入力され、これ

17

16

により各レジスタr1～r9より画素A～Iが出力され、データ比較回路63に入力されることになる。

このデータ比較回路63は、第15図に示す如く、比較C-1～C-8、オア回路OR-1～OR-9、アンド回路AN-1～AN-4、ナンド回路NAN-1～NAN-4、ピークレジスタPR等により構成されている。そして比較器C-1により空間フィルタ処理データであるレジスタr4、r5の画素DとBが比較され、比較器C-2により同じく画素FとEが比較される。

したがって画素Eが水平方向（X方向）の極点の場合には $E > D$ 、 $E > F$ 、 $D \neq B \neq F$ であるのでOR-2、OR-3及びNAN-1よりいずれも「1」が出力され、OR-1より「1」が出力されるので、ピークレジスタPRに水平方向のピーク値としての画素Eが保持され、これが極点として出力されることになる。

また比較器C-3では画素BとEが比較され、比較器C-4では画素EとHが比較されるので、

18

画素Eが垂直方向の極点の場合には、AN-2より「1」が出力され、OR-1より「1」が出力されるのでピークレジスタPRに画素Eが保持されることになる。同様に比較C-5、C-6により45°対角方向の画素C、E、Gが比較され画素Eが極点の場合にはAN-3から「1」が出力され、比較器C-7、C-8により135°対角方向の画素A、E、Iが比較され、画素Eがこの135°対角方向での極点の場合にはAN-4から「1」が出力されることになる。

したがって、画素Eが水平、垂直、45°、135°対角方向のいずれか1つの方向での極点の場合にはOR-1は「1」を出力する。このとき切替回路200が上位装置からの切替信号によりOR-1からの信号を出力するように切替られているので、ピークレジスタPRに画素Eが保持され、極点として出力されることになる。このようにして注目画素Eが極点の場合、これを抽出することができる。

閾値処理部15は、第16図に示す如く、デ-

タシフト回路と閾値回路からなり、データシフト回路62は極点抽出処理部のそれと同じ回路を用いる。後者は比較器66、アンド回路67、レジスタ68を有し、比較器66にてあらかじめ設定したスライスレベルと注目画素(例えばE)との比較を行ない、注目画素がスライスレベルより大きな濃度のときに比較器66は「1」を出力し、アンド回路67をオン状態にする。この信号により注目画素Eのレベルを制御することによってあるレベル以上で水平、垂直、45°、135°の各方向に極点になっている画素だけを抽出することができる。従って、第17図に示すような円形の物体と三角形の物体が重なっている場合を撮影して得られた画像に対して、輪郭抽出処理を施した場合に生じる途切れN0がなくなる。

このようにして、極点抽出部14により輪郭候補点の抽出を行ない、閾値処理部15により閾値処理を行なう。

すなわち、輪郭抽出対象物体の輪郭は、原画上で明るさの急変している部分に対応していると考

19

えられる。したがって、ラプラシアン・フィルタ(2次微分)またはグラジエント・フィルタ(1次微分、境界線抽出)適用後のデータでは、対象の輪郭に対応している部分は、他の部分よりもレベルが高い。

そこで、フィルタリング後のデータに対して、水平、垂直、45°対角及び135°対角方向の極点処理を行ない、原画上で明るさの急変している輪郭候補点の抽出をする。尚、前記4方向でなく、2方向でもよい。

これだけであると、外的要因による背景ノイズが沢山抽出されてしまう。

しかし背景ノイズのレベルは、通常、対象の輪郭点より低いレベルであるので、閾値処理によって除去することができる。

すなわち、そのスライスレベルは、極点抽出処理によって抽出された輪郭候補点列が途切れのない程度で、背景ノイズが除去できる位でよい。

また、この閾値処理は極点抽出処理と並行して行なえるため、極点抽出部14と閾値処理部15

20

を並列配置することによって高速化できる。

この結果、水平、垂直、45°対角及び135°対角方向の極点で、かつ一定のスライスレベル以上の点が2値画像として輪郭候補点として抽出できる。

ところで、閾値処理部15における閾値処理においてスライスレベルを輪郭候補点列が途切れないように設定したので、第18図に示す如く、多少のひげ状のノイズN1や数画素以下の孤立ノイズN2が残ってしまう。

そこで、2値画像として抽出された輪郭候補点列が少なくとも8連結のつながりで閉ループを構成していると仮定し、3×3の局所ウインドウ内の論理演算によって、ひげ状のノイズや孤立ノイズの除去を行なう。これらの各ノイズの除去は雑音除去部16により行なう。

雑音除去部16の詳細構造を説明するに先立ちその動作原理について説明する。

第19図①～④に示す如く、3×3のウインドウWの中心における注目画素Eが雑音でない場合

21

22

には必ず閉ループ画像である。そして閉ループ画像は連続的であることから、この閉ループ画像はウィンドウWを必ず横切ることになり、ウィンドウW内の周辺画素のうち少なくとも2つは閉ループがそを上画素でなければならないといえる。そして前記前提条件を加味すると、前記閉ループ画像上の2つの周辺画素は相隣接しない一関係になっていなければならないといえる。

これらのことから、注目画素Eが閉ループ画像上の画素であるためには、注目画素Eが状態1である場合において少なくとも相隣接しない2つの周辺画素が状態1であることが必要になる。この条件に該当するものは16通りあり、各場合をウィンドウWによって変化したものが第19図に示されている。

この場合において、説明を単純化するために、閉ループ画像が角部を備えているものについては前記角部に対応した画素は閉ループ画像上の画素でないものとして扱うことを前提とする。

この後、第19図に示すウィンドウW内の基本

23

配ウィンドウWの対向辺中央に位置する周辺画素が状態1であること、例えば、ウィンドウWの上辺1₁に沿う周辺画素A、B、C及びこれに隣接する周辺画素D、Fが状態0であり且つウィンドウWの下辺1₃中央に位置する周辺画素Hが状態1であること等が挙げられる。

尚、第20図において×印を付した画素は状態1若しくは状態0のいずれでもよいことを示している。

したがって、2値画像を移動するウィンドウW内のパターンが前記第一及び第二の雑音除去条件のいずれかに合致したとすれば、注目画素Eが状態1であるとしても、当該注目画素Eは閉ループ画像の画素ではなく、雑音として検出されることになり、これを「0」とすることによりこの雑音は有効に除去されることになる。

例えば、第18図に示すように、4画素以下の画素がかたまつた雑音N2が存在する場合には、第一の雑音除去条件で取り除かれ、閉ループ画像からのびるひげ状の雑音N1が存在する場合には、

25

パターンが生じないパターンを開べ、数画素程度の雑音やひげ状の雑音を除去するための雑音除去条件として設定する。

この場合、第一の雑音除去条件としては、第20図(a)のウィンドウWにおいて、同図例の①～④に示すように、注目画素Eが状態1である場合において、少なくともウィンドウWの相隣接する二辺に沿う周辺画素が状態0であること、すなわち、ウィンドウWの上辺1₁及び左辺1₂に沿う周辺画素A、B、C、D、Gが状態0、ウィンドウWの左辺1₂及び下辺1₃に沿う周辺画素A、D、G、H、Iが状態0、ウィンドウWの下辺1₃及び右辺1₄に沿う周辺画素G、H、I、F、Cが状態0、ウィンドウWの右辺1₄及び上辺1₁に沿う周辺画素I、F、C、B、Aが状態0のいずれかであることが挙げられる。

第二の条件としては、第20図(b)①～④に示すように、注目画素が状態1である場合において、少なくともウィンドウWの二辺に沿う周辺画素とこれに隣接する周辺画素とが状態0であり且つ前

24

第二の雑音除去条件で取り除かれることになる。

前述したような雑音除去方法を実施するための回路の一例を第21図に示し、以下においてこれを説明する。

この雑音除去部16は、第21図に示す如く、空間フィルタ・閾値処理部69からの2値画像が入力されるデータシフト回路70と論理演算回路71から構成されている。

第1空間フィルタ演算部12、第2空間フィルタ演算部13、極点抽出部14、閾値処理部15等よりなる空間フィルタ・閾値処理部69の出力は、第22図に示す如く、レジスタR1'～R9'、N-3ビット長のシフトレジスタ72、73により構成されるデータシフト回路70に入力され、これにより各レジスタR1'～R9'に画素A～Iが出力され、論理演算回路71に入力される。

ここで、論理演算回路71は、第23図に示す如く構成され、第20図(b)、(c)の第一の雑音除去条件若しくは第二の雑音除去条件を満足したときに注目画素Eのレベルを状態0として出力し、そ

26

れ以外のときには注目画素Eのレベルを状態1のまま出力するものであり、論理演算回路71からは雑音除去した2値画像データが順次得られることになる。

そして、前記論理演算回路71は、具体的には以下の論理式(a)乃至(d)を満足するように構成されている。

$$\begin{aligned}\hat{E}_1 &= \{(A \cup B \cup C \cup D \cup F) \cap (A \cup D \cup F \cup H \cup I) \\ &\quad \cap (G \cup H \cup I \cup F \cup C) \cap (A \cup B \cup C \cup F \cup I)\} \cap E \\ &= \{(A \cup B \cup C \cup D \cup F) \cap (A \cup D \cup F \cup G \cup H \cup I) \cap \\ &\quad (G \cup H \cup I \cup C \cup F \cup I) \cap (A \cup B \cup C \cup F \cup I)\} \cap E \\ &= \{(X_1 \cup X_2) \cap (X_2 \cup X_3) \cap (X_3 \cup X_4) \cap (X_4 \cup X_1)\} \cap E \dots (a)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\hat{E}_2 &= \{[(A \cup B \cup C \cup D \cup F) \cup \bar{H}] \cap [(A \cup D \cup F \cup B \cup H) \cup \bar{F}] \cap \\ &\quad [(D \cup F \cup G \cup H \cup I) \cup \bar{B}] \cap [(C \cup F \cup I \cup B \cup H) \cup \bar{D}]\} \cap E \\ &= \{[(X_1 \cup D \cup F) \cup \bar{H}] \cap [(X_2 \cup B \cup H) \cup \bar{F}] \cap \\ &\quad [(X_3 \cup D \cup F) \cup \bar{B}] \cap [(X_4 \cup B \cup H) \cup \bar{D}]\} \cap E \dots (b)\end{aligned}$$

$$\hat{E} = \hat{E}_1 \cap \hat{E}_2 \dots (c)$$

$$\begin{aligned}X_1 &= A \cup B \cup C, X_2 = A \cup D \cup F, X_3 = G \cup H \cup I, \\ X_4 &= C \cup F \cup I \dots (d)\end{aligned}$$

27

ア回路OR-11'が「0」を出力する。この結果、AN-2', AN-3'が「0」を出力するので、注目画素Eは「0」となって出力されることになる。このような制御は、前記他の回路と同様に、第2図の走査信号発生部20より出力される水平同期信号に同期して順次行なわれることになる。

このようにして論理演算回路71により、第20図(a), (b)に示す条件、すなわちウィンドウWの上辺と右辺、右辺と下辺、下辺と左辺あるいは左辺と上辺に画素が存在しない場合(雑音除去条件1)、また上辺と左右に画素がなく下にある、左辺と上下になくて右にある、下辺と左右になくて左にある場合(雑音除去条件2)に注目画素を雑音とみなしてこれを除去することができる。

このようにして雑音の除去された対象の輪郭点を抽出し、TVカメラ上でのその抽出された輪郭点の座標を求めることができる。

尚、このようにして得られた輪郭点の座標情報(X1, Y1)は、濃度レベル情報と共に、画像

(a)乃至(b)式において、A乃至Iは画素A乃至Iのデータを示し、 $\bar{B}$, $\bar{D}$, $\bar{F}$, $\bar{H}$ は画素B, D, F, Hの反転データを示し、 $\hat{E}_1$ 及び $\hat{E}_2$ はそれぞれ第一の雑音除去条件及び第二の雑音除去条件を満足するか否かを示す指標値、 $\hat{E}$ は注目レベルEが雑音であるか否かを示す指標値である。

この論理式を満足する論理演算回路71の具体構成を第23図に示す。第23図において、OR-1'乃至OR-14'はオア回路、AN-1'乃至AN-3'はアンド回路、NT-1'乃至NT-4'はノット回路である。

例えば、注目画素Eと他の画素が、第20図(a)に示す条件の場合には、OR-1', OR-2'からそれぞれ「0」が出力されるので、OR-7'も「0」を出力し、この結果AN-1', AN-3'が「0」を出力し、それ故注目画素Eは「0」となって出力される。

また、第20図(b)に示す条件の場合には、OR-1', OR-5'がそれぞれ「0」を出力し、ノット回路NT-1'も「0」を出力するのでオ

28

メモリ19内に格納される。

尚、濃淡画像処理部3で求められた輪郭点座標(X1, Y1)は、アドレスジェネレータ7によって、直線抽出部4に対して輪郭アドレスのみが出力される。

次に、切換スイッチSWIIを「1」側にセットする。そしてこれにより直線抽出部4は前述の濃淡画像処理部3で得られた輪郭点座標に対応してHough平面 $\theta-\rho$ に θ をパラメータとして写像し、ヒストグラムを作成する。

この処理について説明する。

第1図において、75はFirst In First Out (FIFO) 式のデータバッファであって、濃淡画像処理部3より出力された輪郭アドレスが順次格納される。76は ρ 計算部であって、データバッファ75に格納された各輪郭アドレス(X1, Y1)を読出して、次式の演算を行なう。

$$\rho_n = X_1 \cos \theta_n + Y_1 \sin \theta_n$$

$$\theta_n = n\pi/512, n=0 \sim 511$$

77はFirst In First Out (FIFO) 式のデータバ

29

30

ッファであって、 ρ 計算部76により求められた ρ_n と θ_n が格納される。78はヒストグラム作成部であって、データバッファ76に格納された ρ_n と θ_n をアドレスとしてヒストグラムメモリ79を読出し、“1”を加算して再度同じアドレスに加算した結果を書き込む処理を行なう。

第24図に ρ 計算部76の詳細回路図を示す。

図において、80はクロックパルスにより順次後述する $\cos \theta$ テーブル81及び $\sin \theta$ テーブル82のアドレス θ_n を発生するアドレスカウンタ。81は $\cos \theta$ テーブルであって、 $n\pi$ を512等分した値が格納されている。82は $\sin \theta$ テーブルであって、 $n\pi$ を512等分した値が格納されている。83はデータバッファ76からの輪郭アドレスのうちのX1アドレスが格納されるレジスタ。84はデータバッファ76からの輪郭アドレスのうちのY1アドレスが格納されるレジスタ。85は $\cos \theta$ テーブルからの値が格納されるレジスタ。86は $\sin \theta$ テーブルからの値が格納されるレジスタ。87はレジスタ83とレジスタ84

に格納された値とを乗算する乗算器。88はレジスタ85とレジスタ86に格納された値とを乗算する乗算器。89は乗算器87の乗算結果を格納するレジスタ。90は乗算器88の乗算結果を格納するレジスタ。91はレジスタ89とレジスタ90に格納された値とを加算する加算器。92は加算器91の加算結果を格納するレジスタ。93はアドレスカウンタ80の出力するアドレス θ_n を遅延する遅延器93であって、レジスタ92に格納された内容を同期をとってデータバッファ76に格納するためのものである。

以上説明した構成とすることにより、クロックパルスの入力と共に、輪郭アドレスに対して n 個(512個)の $\theta-\rho$ 平面上の座標を求めることができる。そしてこれを各輪郭アドレス毎に繰り返して実行することにより濃淡画像処理部3で得られた輪郭点座標に対するハフ変換画像が得られる。

そして、このようにして得られたハフ変換画像を前述したように、ヒストグラム作成部78によりヒストグラムメモリ79上に格納する。

31

以上の処理を行なうことによりヒストグラムメモリ79上に各輪郭点に対応するハフ変換画像のヒストグラムが格納される。

このヒストグラムメモリ79上のヒストグラムの個数の高い点が物体の面を構成する線分に対応するが、ノイズの多い画面では、物体の面を構成する1本の線分に対応して複数のヒストグラムの個数の高い点が見られる。

そこで、各線分に対応するピーク点のみを抽出する必要がある。

以下にこのピーク点の抽出処理について説明する。

まず、第1図において、直線抽出部4にさらにヒストグラムメモリ79の内容を読出すためのメモリ読出部93を設け、この出力を切換スイッチSW1の入力“2”側に接続する。

したがって、ピーク点抽出処理を行なう際には切換スイッチSW1を“2”側に切換える。

そして、ヒストグラムメモリ79内に格納されているハフ変換画像を濃淡画像処理部3に入力せ

32

しめ、このハフ変換画像に対して前述した濃淡画像処理部3の処理を行なうことによりピーク候補点を抽出する。但し、極点抽出処理において、第15図の切替回路200をアンド回路AN-5を出力するように切替えておくことにより、4方向とも極大となるピークを出力する。

そして、得られたピーク候補点に基づいてピーク点の統合処理を行なうために切換スイッチIIを“2”側に切換え、直線抽出部4に設けられたピーク点統合演算部94に入力する。

ピーク点統合演算部94では入力されてくるピーク候補点のうち近接するピーク候補点を統合して輪郭線に対応するピーク点のみを抽出する。

このピーク点を抽出処理について説明する。

第25図はピーク点の抽出処理を説明するための図である。図において、閾値演算部95は第2図中の閾値処理部15に対応し、画像メモリ96は同図中の画像メモリ19に対応する。尚、第25図において、第2図中に図示の雑音除去部16については図示しない。

33

34

閾値演算部95は、所定の閾値レベル以上のピーク候補点 X_i ($i=1\sim N$)を抽出する。抽出されたピーク候補点 X_i は、その座標情報 X_i^x 、 X_i^y 及び濃度レベル X_i^z と共に、画像メモリ96に格納される。

ピーク点統合演算部94は、クラスタリング演算部97、最大値演算部98、メモリ99、100とから構成される。

クラスタリング演算部97は、閾値演算部95が抽出した N 個のピーク候補点について、クラス分類を行なうものである。すなわち、Hough変換によって得られるヒストグラムは、第26図図示 $a-b$ 平面の如く、ノイズ等のために1つの山のピーク近傍に他のピークが現れることが多く、複数のピークが1本の直線に対応する場合が少なくない。そのため、ピーク候補点 X_i について、それぞれ同じ山に属するものであるかどうかを分類することができれば、直線に1対1に対応する正しいピークが抽出することができる。尚、分類結果のクラス数 N_c は、クラスタリング演算部97

の起動時には、未知である。

クラスタリング演算部97は、例えば第27図図示の如く、順序付け演算部101と、クラス分類演算部102と、評価基準演算部103と閾値更新部104とからなる。第5図中の画像メモリ19及びメモリ99は第25図に対応する。

画像メモリメモリ19、メモリ105、メモリ99は同じメモリでもよい。

順序付け演算部101は画像メモリ19を参照し、各点 $X_1, X_2, \dots, X_n$ の濃度レベル X_i^z の大小を比較して、各点を濃度レベルの大きい順に並べ換え、結果を画像メモリ19に格納する。

クラス分類演算部102は、順序付け演算部101によって順序付けされた点 $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ について、先頭から順番に他の点とのユークリッド距離を演算し、その距離と閾値とを比較することによって、閾値以下の距離のものにラベル付けを行ない、クラス分類するものである。

評価基準演算部103は、クラス分類演算部102によって分類された各クラス内の分散を平均

35

的に最小にする評価基準を導入して、その評価基準を演算するものである。

閾値演算部104は、評価基準が、より小さな値になるようにクラス分類に用いる閾値の更新を行なうものである。閾値を変化させることによって、クラス分類演算部102による異なる分類結果を得ることができるようになる。

第28図乃至第31図を参照して、順序付け演算部101、クラス分類演算部102、評価基準演算部103および閾値更新部104の処理内容について説明する。

順序付け演算部101は、例えば第28図図示の如く処理する。すなわち、ループカウンタ j を1から $N-1$ まで、またループカウンタ i を1から $N-j$ まで変化させつつ、隣接する X_i, X_{i+1} の濃度レベル X_i^z と X_{i+1}^z との大小を比較する。

濃度レベル X_{i+1}^z が濃度レベル X_i^z よりも大きい場合には、点 X_i と点 X_{i+1} の位置を交換する。この繰り返し処理によって、画像メモリ19の内容は、メモリ105のように濃度レベルの昇順に並

37

36

べられることになる。もちろん、他の各種ソーティング手段を用いてもよい。

クラス分類演算部102は、例えば第29図図示の如く処理する。まず、濃度レベルが最大の Y_1 を第1のクラスを中心 C_1 とする。そして、 C_1 とその他のピーク点 Y_j ($j=2, 3, \dots, N$)とのユークリッド距離 D_{j1} 、

$$D_{j1} = |Y_j - C_1| = \sqrt{(Y_j^x - C_1^x)^2 + (Y_j^y - C_1^y)^2}$$

を求める。この距離 D_{j1} が閾値 T_m より小さいとき、 Y_j は Y_1 と同じ第1のクラスに属するものとする。

次に、第 $(k-1)$ のクラスまで分類できたとして、第1のクラスから第 $(k-1)$ までのクラスに属さない点の中で、濃度レベルが最大の点 Y_1 を第 k クラスを中心 C_k とする。そして、 C_k とその他の点 Y_j ($j=1+1\sim N$)とのユークリッド距離 D_{jk} を求める。

$$D_{jk} = |Y_j - C_k| = \sqrt{(Y_j^x - C_k^x)^2 + (Y_j^y - C_k^y)^2}$$

38

この結果、距離 $D_j k$ が閾値 T_m より小さいとき、 Y_j は第 k のクラスに属するものとする。

$k = k + 1$ として、同様に処理を繰り返し、すべての Y_j がいずれかのクラスに属したならば、クラス分類を終了する。すなわち、未分類の点の中で、濃度レベルの最大のものを、新たなクラスの中心として、順番に分類を行なっていく。

評価基準演算部 103 は、例えば第 30 図図示の如く処理する。すなわち、各クラス内の分散が平均的に最も小さくなるようなクラスリングが良いクラスリングであるとして、次式で表わすような評価基準 J_m を導入する。

$$J_m = \frac{1}{N_c} \sum_{k=1}^{N_c} \sum_{j \in C_k} |Y_j - m_k|^2$$

$$m_k = \frac{1}{N_k} \sum_{j \in C_k} Y_j$$

ここで、 N_c はクラスの数、 N_k は第 k クラスのピーク点数、 C_k は第 k クラスのサンプル集合である。この評価基準 J_m の演算を実行し、結果を閾値更新部 104 へ伝達する。

閾値更新部 104 は、例えば第 31 図図示の如く処理する。すなわち、評価基準 J_m が、ある所

定値以下、あるいは前回の J_{m-1} との差分 d_j がある所定値 ϵ_{dy} 以下になるまで、閾値 T_m を徐々に変化させ、再度クラス分類演算部 102 を起動する。

評価基準 J_m または前回の差分 d_j が十分に小さな値となったとき、良いクラスリングが実行できたとして、すべてのクラスリング処理を終了する。

Hough 変換等の 2 次元ヒストグラムにおける点をクラスリングするような場合、各点はクラス内の最大値を中心に分布している。そこで、前記のように、すべての対象点を予め大きさの順に並べ換えておくことによって、クラスリング時のクラスの中心を最初から最大値に選ぶことができ、例えばヒストグラム空間における座標の順番に中心点を想定した場合等に比べて、良いクラスリングを得ることができる。したがって、最終的に満足できるクラスリングを得るまでの閾値の更新回数を大幅に減少させることができる。

最大値演算部 98 は、クラスリング演算部 9

39

7 が出力したメモリ 99 のクラスリング結果を参照し、各クラスの最大値 Z_i ($i = 1 \sim N_c$) を求めるものである。クラスリング演算部 97 が第 27 図図示の如く構成される場合、メモリ 99 上のピーク候補点 Y_i は、濃度レベルの昇順に並んでいる。

したがって、 $i = 1$ の方向からサーチすることによって、容易に各クラスの最大値 Z_i が求められる。

すなわち、例えば第 32 図図示の如く、クラス番号 k を 1 から N_c まで変化させ、各クラス対応に最初に現れたピーク候補点を抽出する。

このようにして、メモリ 100 に得られた各クラスの最大値 Z_i が、Hough 変換のヒストグラム等の場合、直線に 1 対 1 に対応するピーク点となる。

以上の処理を行なうことにより各線分に対応するピーク点のみを抽出することができる。

このようにして得られたピーク点 (θ_i, ρ_i) に基づいて、直線方程式を計算する。

41

40

この計算は、第 2 図の直線抽出部 4 内の直線方程式計算部 106 により行なう。

この直線方程式の算出処理のためのフローチャートを第 33 図に示す。

図に示されるように、得られたピーク点 (θ_i, ρ_i , $i = 1 \sim M$) について直線方程式

$$Y = a_i X + b_i$$

に基づいて、

$$a_i = -\cos \theta_i / \sin \theta_i$$

$$b_i = \rho_i / \sin \theta_i$$

を算出する。

尚、 $\cos \theta_i = 0$ の場合は、

$$Y = \rho_i / \sin \theta_i = c_i$$

また、 $\sin \theta_i = 0$ の場合は、

$$X = \rho_i / \cos \theta_i = d_i$$

を算出する。

そしてこの直線方程式計算部 106 により得られた a_i, b_i, c_i, d_i は、傾坡抽出部 5 へ出力される。

傾坡抽出部 5 は入力された前記各値に基づいて

42

領域の抽出を行なう。

この領域抽出の処理について説明する。

第2図において、107は線分抽出部、108は閉ループ抽出部、109は投影点計算部である。

まず、線分抽出部107の動作を第34図に示すフローチャートを用いて説明する。

線分抽出部107には、直線方程式計算部106により得られた傾き、切片情報および濃淡画像処理部3内の画像メモリ19内に格納された輪郭点座標が入力される。

そして、第35図に示すように、入力された輪郭点座標をXY平面上に展開すると共に、傾きと切片に基づいた直線をXY平面上に擬似的に発生せしめる。

そして、この直線上に沿って $K \times L$ マトリックスからなるウィンドウを走査させる。

このウィンドウ内に存在する輪郭点の数を、ウィンドウ内の例えば左上端から順次走査してウィンドウ内の各座標に対応する画像メモリ19内に輪郭点が格納されているか否かを調べる。

4 3

と共に、長い順番に番号を付与する。

そして、この長さが最大の線分の一方の端点Aを基準として、半径R以内に端点を有する線分を捜す。端点が存在しない場合は、半径Rを少し大きくし、同様に線分を捜す。半径Rが所定値以上(R_{max})大きくしても、線分が発見できない場合は、この線分は除外(例えば無効フラグ"1"を付与)する。半径R以内に他の線分の端点を見付けることができた場合は、この線分に連続する線分を付与し、そして見付けられた線分の他方の端点を基準として同様の操作を繰り返して実行する。

そして、最初の線分に戻ったとき、この操作を終了し、一つの閉ループが抽出される。この閉ループは、第38図に示されるように、各閉ループ毎に、線分を格納する。

これを繰り返すことにより、3次元空間内の閉ループをすべて抽出することができる。

投影点計算部109は、閉ループ抽出部108により得られた各閉ループ領域の重心を計算を行

なう。そして、輪郭点であった場合には、カウンタCOUNTを"1"ずつ加算し、輪郭点ではない場合には、次のウィンドウ内の座標位置に移動する。

そしてこの処理を順次繰り返し、ウィンドウ演算回路内の右下端まで実行する。そして処理終了後のカウンタCOUNTの値が所定値T以上ならば、その座標を直線上の注目点座標($x1, y1$)としてメモリ内に記憶する。このウィンドウ処理を実行する回路がウィンドウ演算回路である。

この処理を直線のXY平面上での終了位置まで行ない、そして次の直線をXY平面上に擬似的に発生させ、同様の処理を順次繰り返して行なうことにより、メモリ内に線分座標を格納する。

そして、各線分座標に基づいて、各線分の端点Aと端点B及びその線分の長さLを抽出し、第36図に示す線分表を作成する。

次に、閉ループ抽出部108の動作について第37図に示すフローチャートを用いて説明する。

まず、各線分の端点A、B、長さLを前記線分表から抽出し、長さLが長い順番に並べ換える

4 4

なう。

以上説明したようにして、投影面の抽出処理を行なうことができる。

次に、図の得られた面内に十字スリット光を照射する処理について説明する。

尚、スリット光の投影の処理を第39図のフローチャートに示す。

ここでは、便宜上投影面内の重心座標へ十字スリット光のクロス点を照射させるものとする。

第2図において、スキャニング機構制御部7はスキャニングコントローラ110と、赤外線波長の十字スリット光を照射する十字スリット光プロジェクト112を駆動するモータ111とを含んで構成される。

まず、スキャニングコントローラ110は、十字スリット光のクロス点が領域抽出部7の投影点計算部109で求められた所望の閉ループ領域の重心座標となるようにモータ111を駆動制御して、十字スリット光プロジェクト112を移動させる。

4 5

4 6

また、これと同時に、十字スリット光像のS/N比を向上させ、スリット像検出を容易にするためにTVカメラ1の前面に可視光カットフィルタを装着する。尚、これは光学的に分離できるものであれば何でもよい。これは、第2図に示す分離機構113により行なう。また分離機構113は図示しない上位の中央処理装置からの信号に基づいて動作する。さらに、切換スイッチIを“1”側に、切換スイッチIIを“1”側にセットし、面傾度・距離計測部6の回路構成を十字スリット光のラフなクロス点を求める回路構成に切換える。

この状態で、TVカメラ1により3次元空間を撮影し、スリット像を得る。そして前述したように、濃淡画像処理部3により、このスリット像の骨格線座標(輪郭点座標に対応)を抽出する。

濃淡画像処理部3により得られた骨格線座標に基づいて、面傾度・距離計測部6内のラフなクロス点計算部114により、十字スリット光のおおまかなクロス点座標を算出する。

この処理を第40図を用いて説明する。

47

ラフなクロス点計算部114により得られたクロス点(Xc, Yc)とを比較することにより簡単に行なうことができる。この処理は、例えば、前述したような分離機構113、切換スイッチSW I, SW II, SW IIIを切換制御する図示しない上位の中央処理装置により行なう。

次に、切換スイッチSW IIを“1”側へ切換えることにより、濃淡画像処理部3により得られたスリット光像の骨格線座標が直線抽出部4に入力される。

直線抽出部4は、前述の処理と同様にして、入力された骨格線座標に基づいて、ハフ変換による骨格線座標のハフ平面への写像を行なって、ヒストグラムを作成する。

このようにして得られたヒストグラムに基づいて、スリット光の傾きを検出し、正確なスリット光のクロス点を算出する。

第2図のスリット光傾き検出部115は、スリット光の傾きを検出するものである。

以下に、スリット光の傾きの検出処理について

まず、抽出されたスリット光の骨格線座標の中からX座標の最小値Xmin, 最大値Xmax及びY座標の最小値Ymin, 最大値Ymaxを求める。

そしてラフなクロス点(Xc, Yc)として、

$$Xc = (Xmin + Xmax) / 2$$

$$Yc = (Ymin + Ymax) / 2$$

を算出する。

そして、ラフなクロス点計算部114により得られたラフなクロス点(Xc, Yc)に基づいて、スキャニングコントローラ110がモータ111を駆動制御して、ラフなクロス点が投影面内の重心座標の近傍に十字スリット光プロジェクト112を移動させる。

次に、このラフなクロス点が重心座標の近傍の所定領域内に入ったか、切換スイッチSW IIを“1”側へ、切換スイッチSW IIIを“2”側へ切換える。

ここで、ラフなクロス点が重心座標の近傍の所定領域内へ入ったことの検出は、例えば、重心座標に所定値を加算して得られた小領域の座標と、

48

説明する。

このスリット光の傾きの検出手法は、第41図に示すように、所定の座標系(同図(a))における直線 $Y = a_0 \cdot X + b_0$ 上の各点

$$P1 : (X1, Y1)$$

$$P2 : (X2, Y2)$$

$$P3 : (X3, Y3)$$

$$P4 : (X4, Y4)$$

についてハフ変換を施して新たな座標系(同図(b))に展開すると、当該座標系において、前記各点に対応して、

$$b = -X1 \cdot a + Y1$$

$$b = -X2 \cdot a + Y2$$

$$b = -X3 \cdot a + Y3$$

$$b = -X4 \cdot a + Y4$$

が得られ、前記各直線が当該座標系において、点(a0, b0)で交わるようになることを利用したものである。

第42図は、スリット傾き検出部115の詳細回路図である。

49

50

このスリット傾き検出部115は、直線抽出部4のヒストグラムメモリ79内の傾度データを検索し、当該傾度データが最大となる点座標データ($\theta(\max)$, $\rho(\max)$)

を求めるものであるが、本実施例では、対象となる線画像が十字スリット光に対応して2つ存在することから、それぞれの線画像に対して前記点座標データ

($\theta 1(\max)$, $\rho 1(\max)$)

($\theta 2(\max)$, $\rho 2(\max)$)

を求めることになる。そして当該十字スリットに対応した線画像から得られる前記2つの傾度のピーク点は、一般に θ に関して離れたものであり、十字スリット光を投影する十字スリット光プロジェクト112と当該スリット光を撮影するTVカメラ1の相対的な位置関係を調整して、前記 $\theta 1(\max)$ と $\theta 2(\max)$ との関係を常に、

$$0 < \theta 1(\max) < \pi/2 \leq \theta 2(\max) \leq \pi \quad \dots\dots (6)$$

51

117cに格納されるようになっている。118はレジスタ117bに格納した θ と所定値

$\theta t = (\pi/2)$ とを比較して

$\theta j < \theta t = (\pi/2)$

となる時にHレベル信号を出力する比較器である。

また、119は第1の最大値検出回路、120は第2の最大値検出回路であり、各最大値検出回路119、120は、それぞれレジスタ117cに格納した傾度データを再び格納するレジスタ119b、同120bと、この各レジスタ119b、120bの傾度データと前記レジスタ117cからの傾度データとを比較する比較器119a、同120aを有しており、各比較器119a、120aはレジスタ117cの傾度データがレジスタ119b、120bの傾度データを上回る時にHレベル信号を出力するようになっており、前記レジスタ119bは比較器118、119aの出力信号及びクロックパルスのアンドゲートG22によるアンド信号に同期して作動するようになると共に、前記レジスタ120bは比較器118のイ

53

$$|\tan \theta 1(\max)| < 1 \leq$$

$$|\tan \theta 2(\max)| \quad \dots\dots (7)$$

となる条件に設定することが可能である。

そこで、第42図に示すスリット傾き検出部115は、特に前記例の条件を満足するように、十字スリット光プロジェクト112とTVカメラ1を配置した場合のものである。

第42図において、116は前記新たな極座標系での点座標データ ρ 、 θ を順次出力するアドレスジェネレータであり、このアドレスジェネレータ116からの ρ はレジスタ117aに、同 θ はレジスタ117bにそれぞれ順次図示しないクロックジェネレータからのクロックパルスに同期して格納されるようになっている。

また、アドレスジェネレータ116からの点座標データ θ 、 ρ は、ヒストグラムメモリ79に伝送され、このヒストグラムメモリ79から当該点座標(θ 、 ρ)に対応した傾度データ(θ 、 ρ)が読み出されると共に、当該傾度データが前記クロックパルスに同期してレジスタ

52

ンバークG24による反転信号、比較器120aからの出力信号及びクロックパルスのアンドゲートG23によるアンド信号に同期して作動するようになっている。121a、121bはレジスタ119bと同様にアンドゲートG23の出力信号に同期して作動するレジスタであり、レジスタ121a、122aはそれぞれのタイミングでレジスタ117a内の ρ を格納し、レジスタ121b、122bはそれぞれのタイミングでレジスタ117b内の θ を格納するようになっている。

そして、123a、123bはそれぞれレジスタ121a、121bとレジスタ122aと122bに格納した θ 、 ρ を

$$a = -(\cos \theta / \sin \theta)$$

$$b = \rho \sin \theta$$

に従ってa、bに変換する変換器であり、極座標データ(θ 、 ρ)を直交座標データ(a、b)に変換するものである。

以上説明した構成において、その動作を説明する。

54

すなわち、アドレスジェネレータ116は、順次 θ_j 、 ρ_j を出力し、 (θ_j, ρ_j) で指定されるヒストグラムメモリ79内の傾度データ $f(\theta_j, \rho_j)$ を、 $\theta_j < \pi/2$ の領域ではレジスタ117cを介してレジスタ119bに格納し、さらにレジスタ119bの傾度データを順次大きな値のものに更新していく。

また、 $\pi/2 \leq \theta_j < \pi$ の領域では、当該傾度データ $f(\theta_j, \rho_j)$ がレジスタ117cを介してレジスタ120bに格納され、さらにレジスタ120bの傾度データは前記同様に順次大きな値のものに更新されていく。この時、レジスタ119bの更新のタイミングで当該 ρ_j 、 θ_j がそれぞれレジスタ117a、117bを介してレジスタ121a、121bに格納され、また、レジスタ120bの更新のタイミングで当該 ρ_j 、 θ_j が前記と同様にレジスタ117a、117bを介してレジスタ122a、122bに格納される。前記のような処理がすべての (θ_j, ρ_j) ($j=1 \sim N$) について行なわれると、最終的に

55

求める十字スリット光に対応した各線画像の傾きとなる。

このようにして得られた2つの直線方程式に基づいて連立方程式をたて、この解である X 、 Y を十字スリット光のクロス点として算出する。

この連立方程式をたて、この解を求める処理は、面傾度・距離計測部6のクロス点計算部124で行なう。

そして、このクロス点計算部124により得られたクロス点 (X, Y) に基づいて、スキャニングコントローラ110がモータ111を駆動制御して、クロス点 (X, Y) が投影面内の重心座標となるように十字スリット光プロジェクト112を移動させる。

尚、前述の説明にあつては、十字スリット光のクロス点を閉ループ領域の重心座標に位置付ける場合について説明しているが、本発明はこれに限定されるものでなく、閉ループ領域内のどの場所であってもよい。

ただし、閉ループ領域の重心とした場合には、

57

レジスタ117bに格納されている傾度データは $\theta_j < \pi/2$ の領域における最大値となり、レジスタ120bに格納されている傾度データは、 $\pi/2 < \theta_j \leq \pi$ の領域における最大値となる。

それに伴ない、レジスタ121a、121bの内容が $\theta_j < \pi/2$ の領域において傾度が最大となる $\rho(\max1)$ 、 $\theta(\max1)$ となると共に、レジスタ122a、122bの内容が $\pi/2 \leq \theta_j < \pi$ の領域において傾度が最大となる $\rho(\max2)$ 、 $\theta(\max2)$ となり、その時の変換器123aの変換出力 $a(\max1)$ 、 $b(\max1)$ が、十字スリット光に対応した一方の骨格線を示す直線方程式

$$Y = a \cdot X + b$$

における各 a 、 b となると同時に、その時の変換器123bの変換出力 $a(\max2)$ 、 $b(\max2)$ が、十字スリット光に対応した一方の骨格線を示す直線方程式

$$Y = a' \cdot X + b'$$

における各 a' 、 b' になる。

したがって、前記 $a(\max1)$ 、 $a(\max2)$ が、

56

十字スリット光を照射した際に、十字スリット光が閉ループ領域内からはみ出す可能性も少なく、また、十字スリット光のクロス点を照射する位置を決定する場合に、重心座標が最も計算し易いためこれを利用しているに過ぎない。

以上説明した処理を実行することにより、閉ループ画像の領域内にスリット光を照射することができる。

次に、図の面の傾き及び座標を算出するために、面上に照射されたスリット光の傾き、十字スリット光のクロス点を検出する処理を説明する。

第43図は十字スリット光プロジェクト112とTVカメラ1の空間配置関係を示す斜視図であり、第44図は、第43図の空間配置におけるキャリブレーション時の座標関係を示し、第45図は、第43図の空間配置におけるTVカメラ1の撮影面上の像の座標を示し、第46図は、3次元物体が任意の傾きを有するときの座標関係を示す図である。

このような構成において、十字スリット光プロ

58

ジェクタ 1 1 2 の座標系 $O_p-X_pY_pZ_p$ について光軸を Z_p とし、これに直交するように X_p, Y_p 軸を定める。一方 TV カメラ 1 の座標系 $O_c-X_cY_cZ_c$ について撮像面の横軸を X_c 、縦軸を Y_c に選び、 Z_c をこれらに直交するように定める（第 4 4 図参照）。

そして座標系 $O_p-X_pY_pZ_p$ が座標系 $O_c-X_cY_cZ_c$ に対して、 Z_c 軸回りに α 、 Y_c 軸回りに β 、 X_c 軸回りに γ 回転しているとする。

この関係は、基準点において予めキャリブレーションしておくことにより既知であるとする。

そしてその関係は、以下の式で表現される。

$$\begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} = H(\alpha, \beta, \gamma) \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} \quad \dots (10)$$

$$H = \begin{bmatrix} \cos\alpha \cos\beta, \\ -\sin\alpha \cos\gamma + \cos\alpha \sin\beta \sin\gamma, \\ \sin\alpha \sin\gamma + \cos\alpha \sin\beta \cos\gamma, \\ \sin\alpha \cos\beta, \\ \cos\alpha \cos\gamma + \sin\alpha \sin\beta \sin\gamma, \\ -\cos\alpha \sin\gamma + \sin\alpha \sin\beta \cos\gamma. \end{bmatrix}$$

5 9

$$\begin{bmatrix} X_c' \\ Y_c' \\ Z_c' \end{bmatrix} = \dot{H}(\alpha_c, \beta_c, \gamma_c) \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} \quad \dots (11)$$

であり、この式は、

$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} = \dot{H}'(\alpha_c, \beta_c, \gamma_c) \begin{bmatrix} X_c' \\ Y_c' \\ Z_c' \end{bmatrix} \quad \dots (12)$$

と書き換えられる。ここで $\dot{H}'$ のダッシュ " ' " は $\dot{H}$ の転置行列を示す。従って、 $O_p-X_pY_pZ_p$ は $O_c-X_cY_cZ_c$ に対して、

$$\begin{bmatrix} X_p' \\ Y_p' \\ Z_p' \end{bmatrix} = \dot{H}(\alpha_p, \beta_p, \gamma_p) \cdot \dot{H}(\alpha, \beta, \gamma) \cdot \dot{H}'(\alpha_c, \beta_c, \gamma_c) \begin{bmatrix} X_c' \\ Y_c' \\ Z_c' \end{bmatrix} \quad \dots (13)$$

ここで、

$$\begin{aligned} \dot{H}_0 &= \dot{H}(\alpha_p, \beta_p, \gamma_p) \cdot \dot{H}(\alpha, \beta, \gamma) \cdot \dot{H}'(\alpha_c, \beta_c, \gamma_c) \\ &= \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \quad \dots (14) \end{aligned}$$

であると仮定する。

一方、物体面上の投影像 $\dot{e}$ は $O_p-X_pY_pZ_p$ 系の

$$\begin{bmatrix} -\sin\beta \\ \cos\beta \sin\gamma \\ \cos\beta \cos\gamma \end{bmatrix} \quad \dots (9)$$

次に、任意の傾きをもつ物体面 * 1 に、十字スリット光プロジェクタ 1 1 2 と TV カメラ 1 を、それぞれ基準面からオイラー角 $\alpha_p, \beta_p, \gamma_p, \alpha_c, \beta_c, \gamma_c$ だけ回転させて S, T のスリット光を投影したときの $\dot{e}$ と $\dot{i}$ の導出を第 4 6 図を参照しつつ行なう。

ここで、解析を容易にするために第 4 4 図に示すように、 X_p 軸上に s のスリットを Y_p 軸上に t のスリットを考える。

まず、十字スリット光プロジェクタ 1 1 2 と TV カメラの回転後の座標系をそれぞれ $O_p-X_pY_pZ_p$ と $O_c-X_cY_cZ_c$ とする。

$O_p-X_pY_pZ_p$ は $O_p-X_pY_pZ_p$ に対して、

$$\begin{bmatrix} X_p' \\ Y_p' \\ Z_p' \end{bmatrix} = \dot{H}(\alpha_p, \beta_p, \gamma_p) \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} \quad \dots (15)$$

また、 $O_c-X_cY_cZ_c$ は $O_c-X_cY_cZ_c$ に対して

6 0

X_pZ_p 平面内にあるので、

$$\dot{e} \perp \dot{j}_p' (\dot{e} \cdot \dot{j}_p') = 0 \quad \dots (15)$$

但し、

$$\begin{aligned} \dot{e} &= X_e \dot{e}_1 + Y_e \dot{e}_2 + Z_e \dot{e}_3 \\ \dot{j}_p &= h_{21} \dot{e}_1 + h_{22} \dot{e}_2 + h_{23} \dot{e}_3 \quad \dots (16) \end{aligned}$$

式 (16) を式 (15) に代入すると、

$$X_e h_{21} + Y_e h_{22} + Z_e h_{23} = 0 \quad \dots (17)$$

測定できない Z_e は、

$$\therefore Z_e = -\frac{X_e h_{21} + Y_e h_{22}}{h_{23}} \quad \dots (18)$$

但し、 $h_{23} \neq 0$ とする。また、物体面上の投影像 $\dot{i}$ は、 $O_p-X_pY_pZ_p$ 系の Y_pZ_p 平面内にあるので、

$$\dot{i} \perp \dot{i}_p' (\dot{i} \cdot \dot{i}_p') = 0 \quad \dots (18)$$

但し、

$$\begin{aligned} \dot{i} &= X_f \dot{i}_1 + Y_f \dot{i}_2 + Z_f \dot{i}_3 \\ \dot{i}_p &= h_{11} \dot{i}_1 + h_{12} \dot{i}_2 + h_{13} \dot{i}_3 \quad \dots (20) \end{aligned}$$

を上式に代入すると、

$$X_f h_{11} + Y_f h_{12} + Z_f h_{13} = 0 \quad \dots (21)$$

測定できない Z_f は、

$$\therefore Z_f = -\frac{X_f h_{11} + Y_f h_{12}}{h_{13}} \quad \dots (22)$$

但し、 $h_{13} \neq 0$ とする。

6 1

6 2

最後に、 $\pi 1$ の面ベクトルの導出を行なうと面ベクトル $\vec{n}$ は $\vec{e}$ と $\vec{f}$ との外積で与えられる。

従って、

$$\vec{n} = \vec{e} \times \vec{f} = \begin{vmatrix} \vec{e}_c & \vec{e}_e & \vec{e}_f \\ \vec{f}_c & \vec{f}_e & \vec{f}_f \end{vmatrix} \quad \dots (23)$$

$$= (Y_e Z_f - Y_f Z_e) \vec{e}_c + (X_f Z_e - X_e Z_f) \vec{e}_e + (X_e Y_f - X_f Y_e) \vec{e}_f \quad \dots (24)$$

$$= u \vec{e}_c + v \vec{e}_e + w \vec{e}_f \quad \dots (25)$$

従って、 $\pi 1$ の $O_c-X_c Y_c Z_c$ 系に対する方向余弦は、

$$\left(\frac{u}{\sqrt{u^2+v^2+w^2}}, \frac{v}{\sqrt{u^2+v^2+w^2}}, \frac{w}{\sqrt{u^2+v^2+w^2}} \right) \text{ である。}$$

以上説明した面の傾き及び座標を算出するために、面上に照射されたスリット光の傾き、十字スリット光のクロス点を検出する処理を行なう位置姿勢制御部 125 と面傾度・距離演算部 128 の動作を第 47 図、第 48 図に示すフローチャートを参照しつつ、説明する。

6 3

ス点が必要とされているので、このクロス点より十字スリット光プロジェクト 112 の基準点からの回転角度を誘取することができる。また、TVカメラの回転角度も図示しない中央処理装置からの制御信号によりTVカメラを回転駆動するとすれば、容易に誘取可能である。

面傾度・距離演算部 126 では、 α 、 β 、 γ 、 α_p 、 β_p 、 γ_p 、 α_c 、 β_c 、 γ_c から H_0 を求める。次に、スリット傾き検出部 125 からの $\vec{e}$ 、 $\vec{f}$ に基づいて X 、 Y 成分の長さを算出する。

さらに、式 (18)、(22) を用いて Z_e 、 Z_f を導出して、式 (24)、(25) から u 、 v 、 w を求め、式 (26) から $\pi 1$ の方向余弦を導出する。

また、得られたクロス点座標より距離を求めることができる。

以下にTVカメラ系 $O_c-X_c Y_c Z_c$ と十字スリット光プロジェクト系 $O_p-X_p Y_p Z_p$ の相対的位置関係が予め分かっているとき、投影された十字スリット像の中心点を計算することによって、距離を求める方法について第 49 図を用いて説明する。

6 5

図において、キャリブレーション時には、基準点に設置された十字スリット光プロジェクト 112 とTVカメラ 1 の各座標系のキャリブレーションを行なう。

ここでは、解析上簡単化のため、直交する 2 本のスリット光を基準面 π_0 に投影する。

そして、スリット傾き検出部 125 により得られた各線面像の傾きである前記 a ($\max 1$)、 a ($\max 2$) が、 $\vec{e}$ 、 $\vec{f}$ の傾きに対応するので、これから X 、 Y 成分すなわち、 X_e 、 Y_e 、 X_f 、 Y_f を求めることができる。予め、TVカメラと十字スリット光プロジェクトの相対的位置関係をキャリブレーションによって校正しておけば、その位置関係を変更しない限り、キャリブレーションを再度行なう必要はない。

次に任意の面の傾きを導出する場合について説明する。十字スリット光プロジェクト 112 とTVカメラ 1 を制御して向きを目標点に向ける。

これは、前述した動作と同様である。また、クロス点計算部 124 により十字スリット光のクロ

6 4

説明を簡略化するため、3次元空間をTVカメラ座標の $X_c Z_c$ 平面及び $Y_c Z_c$ 平面で説明する。

第 49 図(a)は $X_c Z_c$ 平面、第 49 図(b)は $Y_c Z_c$ 平面を示す。

ここで、計測点、つまり十字スリットの投影像のクロス点を $P(X_0, Y_0, Z_0)$ 、十字スリット光プロジェクト 112 の位置を $Q(X_q, Y_q, Z_q)$ 、TVカメラ 1 の焦点距離を F とする。また、 $X_c Z_c$ 平面上で十字スリット光プロジェクトの光軸 Z_p と X_c のなす角を θ 、 $Y_c Z_c$ 平面上で十字スリット光プロジェクトの光軸 Z_p と Y_c のなす角を ϕ とする。

さらに、撮像面上における P の像を R とし、その座標を $(X_s, Y_s, -F)$ とする。

このとき、 $X_c Z_c$ 平面上で直線 PQ 、 PR は次のように表現できる。

$$PQ: Z_0 - (X_0 - X_q) \tan \theta + Z_q \quad \dots (26)$$

$$PR: Z_0 - (-F / X_s) X_0 \quad \dots (27)$$

式 (26) と (27) より、 P の X 、 Z 座標は、

$$X_0 = - \frac{Z_q - X_q \tan \theta}{F + X_q \tan \theta} X_s \quad \dots (28)$$

$$Z_0 = - \frac{F}{X_s} X_0 \quad \dots (29)$$

6 6

また、 Y_cZ_c 平面上で直線 PQ 、 PR は次のように表現できる。

$$PQ: Z0 = (Y0 - Yq) \tan \phi + Zq \quad \dots (30)$$

$$PR: Z0 = -\frac{F}{Y_s} Y0 \quad \dots (31)$$

式 (30) と (31) より、 P の Y 、 Z 座標は、

$$Y0 = -\frac{Zq - Yq \tan \psi}{\frac{F_0}{F_s} + Y_s \tan \psi} Y_s \quad \dots (32)$$

$$Z0 = -\frac{F}{F_s} Y0 \quad \dots (33)$$

そして、スリット傾き検出部で求められた撮像面上での十字スリット光のクロス点座標 (X_c, Y_c) を TV カメラ系座標に変換した (X_s, Y_s) を求め、 TV カメラと十字スリット光プロジェクタの位置関係から θ 、 ϕ 、 X_q 、 Y_q および TV カメラのレンズの焦点距離 F を知り、この値を式 (28)、

(32)、(29)、(33) に代入することにより、物体までの距離を求めることができる。

$Z0$ については、式 (29) と (33) のいずれを用いてもよい。

(e) 発明の効果

以上説明したように、本発明によれば、3次元空間内の物体を撮影して得られた閉ループ領域毎

にその面の傾き及び座標を求めるので、3次元物体認識に必要なセグメンテーションが高速に行なえ、ロボットの眼として有効なツールとなる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る画像処理装置の実施例説明図、第2図は濃淡画像処理部の説明図、第3図、第4図は荷重係数の説明図、第5図は空間フィルタ演算部の説明図、第6図はデータシフト回路の説明図、第7図は乗算回路の説明図、第8図は加算回路の説明図、第9図は割算回路の説明図、第10図は物体及びその輪郭抽出状態説明図、第11図はスライスレベルを変えたときの出力説明図、第12図は輪郭抽出動作原理の説明図、第13図は極点抽出部の説明図、第14図はデータシフト回路の説明図、第15図はデータ比較回路の説明図、第16図は閾値処理部の説明図、第17図、第18図は輪郭抽出処理を施した場合の効果の説明図、第19図は輪郭部データ説明図、第20図は雑音除去条件説明図、第21図は雑音除去部の説明図、第22図はデータシフト回路の説明

67

図、第23図は論理演算回路の説明図、第24図は ρ 計算部の説明図、第25図はピーク点抽出処理の説明図、第26図はHough変換により得られるヒストグラム、第27図はクラスタリング演算部、第28図は順序付け演算部の説明図、第29図はクラス分類演算部の説明図、第30図は評価基準演算部の説明図、第31図は閾値更新部の説明図、第32図は最大値演算部の処理説明図、第33図は直線方程式算出処理のフローチャート、第34図は線分抽出部の説明図、第35図は線分抽出部の処理説明図、第36図、第38図は線分表、第37図は閉ループ処理部の動作フローチャート、第39図はスリット光の投影処理説明図、第40図はラフなクロス点計算部の処理説明図、第41図はスリット光の傾き検出の手法説明図、第42図はスリット傾き検出部の説明図、第43図は十字スリット光プロジェクタと TV カメラの空間配置関係を示す斜視図、第44図はキャリブレーション時の座標関係を示す図、第45図は第43図の空間配置における TV カメラの撮影面上

68

の像の座標を示す図、第46図は3次元物体が任意の傾きを有するときの座標関係を示す図、第47図、第48図は面の傾き及び座標を算出するための処理を説明する動作フローチャート、第49図は十字スリット光のクロス点座標から物体までの距離を求める方法の説明図である。

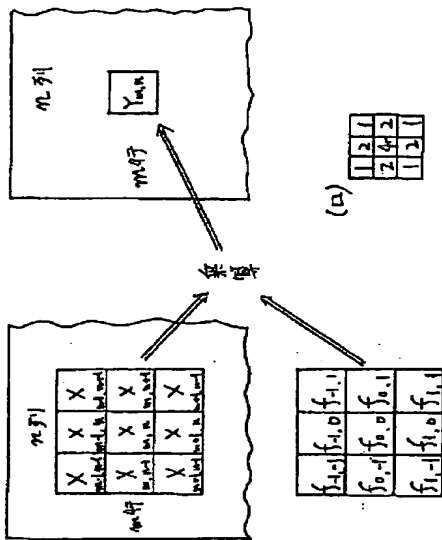
図において、1は TV カメラ、2は A/D 変換器、3は濃淡画像処理部、4は直線抽出部、5は領域抽出部、6は面傾度・距離計測部、8はスキニング機構制御部、112は十字スリット光プロジェクタ、113は分離機構、 SWI 、 $SWII$ 、 $SWIII$ は切換スイッチである。

代理人 弁理士 松岡宏四郎

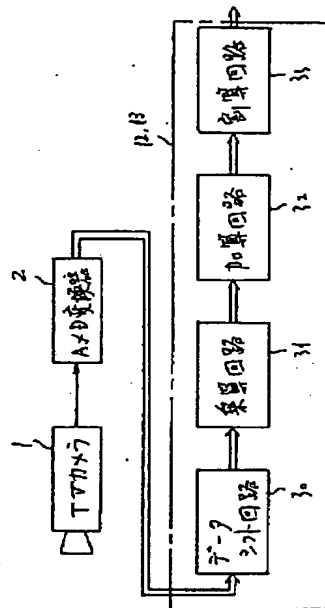


69

70

第3圖
(1)

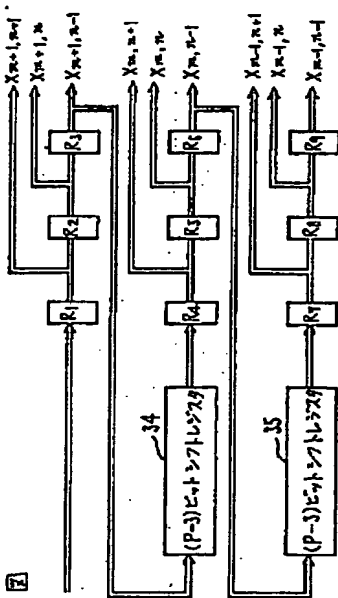
第5圖



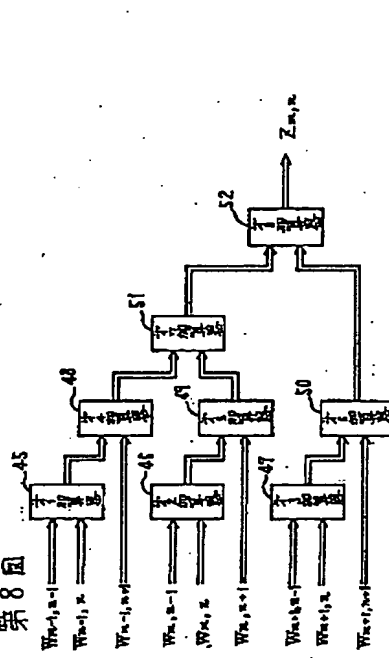
第4圖

名称	用途	荷重係数 ($f_{i,j}$)
平滑化フィルタ	雜音低減	(L-2) $\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$ (L-3) $\begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 \\ 3 & 9 & 3 \\ 1 & 3 & 1 \end{pmatrix}$
		(L-4) $\begin{pmatrix} 1 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 1 \end{pmatrix}$
2次微分 フィルタ	輪郭線検出	(LP-1) $\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$ (LP-2) $\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$
強調フィルタ	画像強調	(H-3) $\begin{pmatrix} 1 & -3 & 1 \\ -3 & 9 & -3 \\ 1 & -3 & 1 \end{pmatrix}$ (H-4) $\begin{pmatrix} 1 & -4 & 1 \\ -4 & 16 & -4 \\ 1 & -4 & 1 \end{pmatrix}$
境界検出 フィルタ	水平、垂直方向の 境界線検出	(B-1) $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$ (B-2) $\begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
	斜方向の 境界線検出	(B-3) $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -1 \end{pmatrix}$ (B-4) $\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 0 \end{pmatrix}$

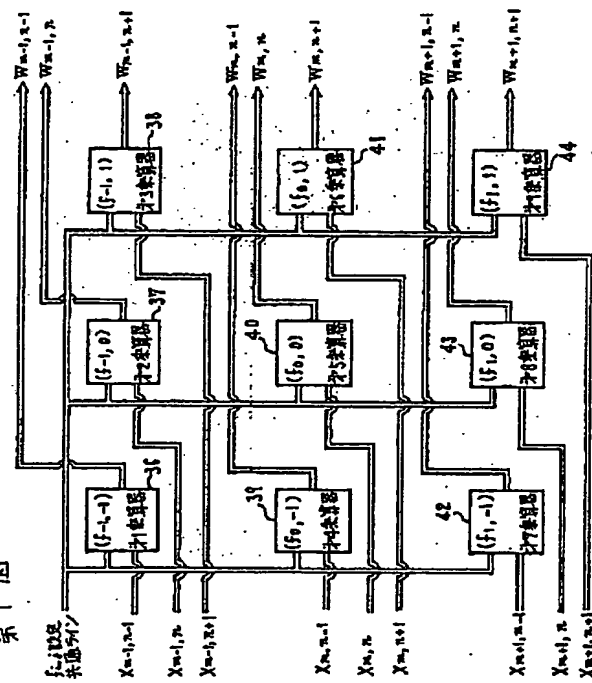
第6図



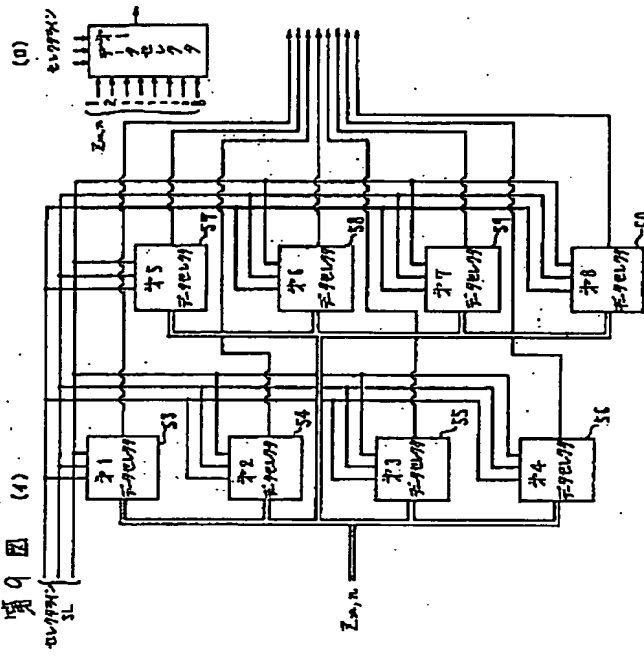
第8図



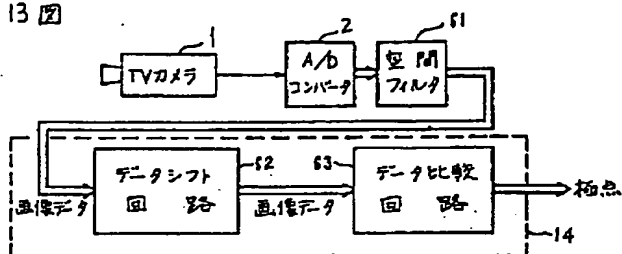
第7図



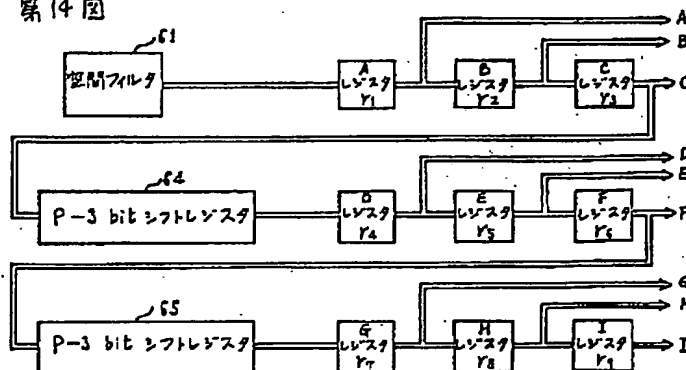
第9図 (a)



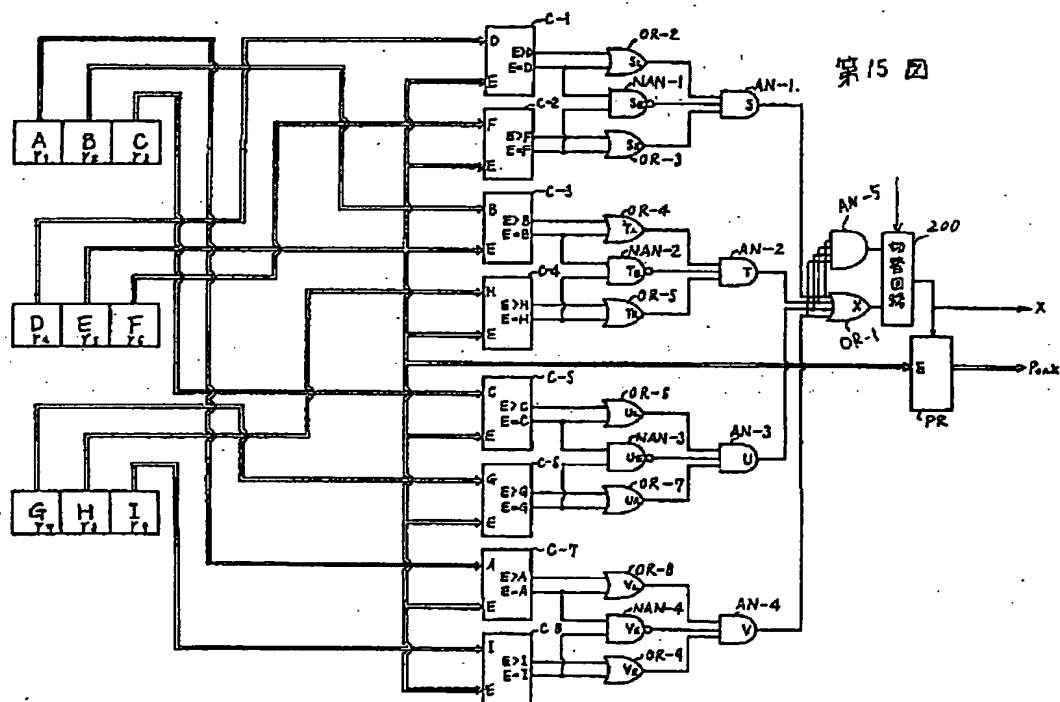
第13図



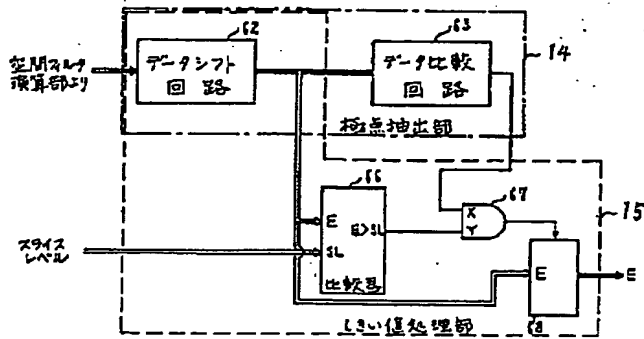
第14図



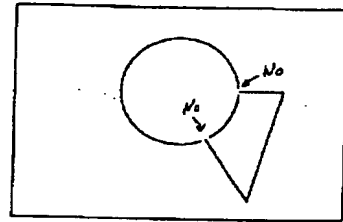
第15図



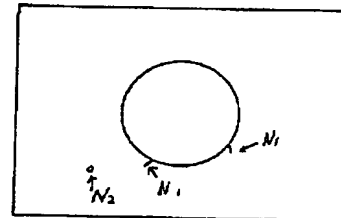
第16図



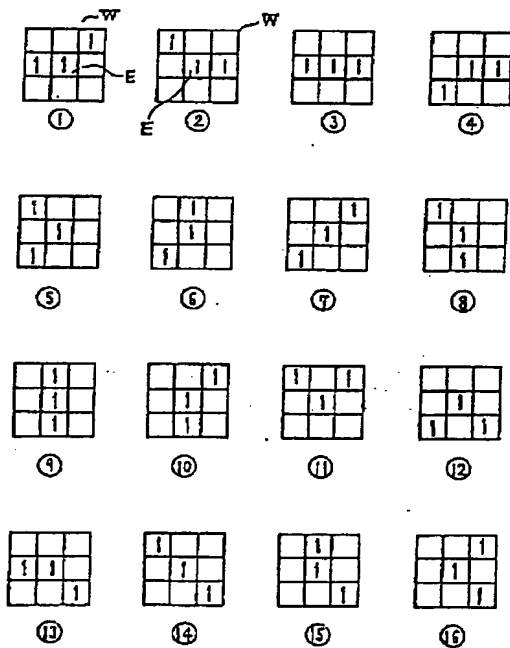
第17図



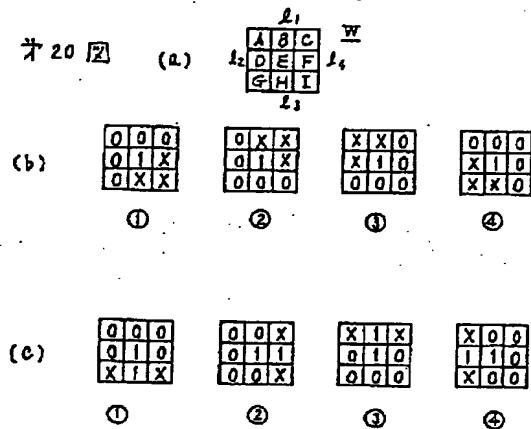
第18図

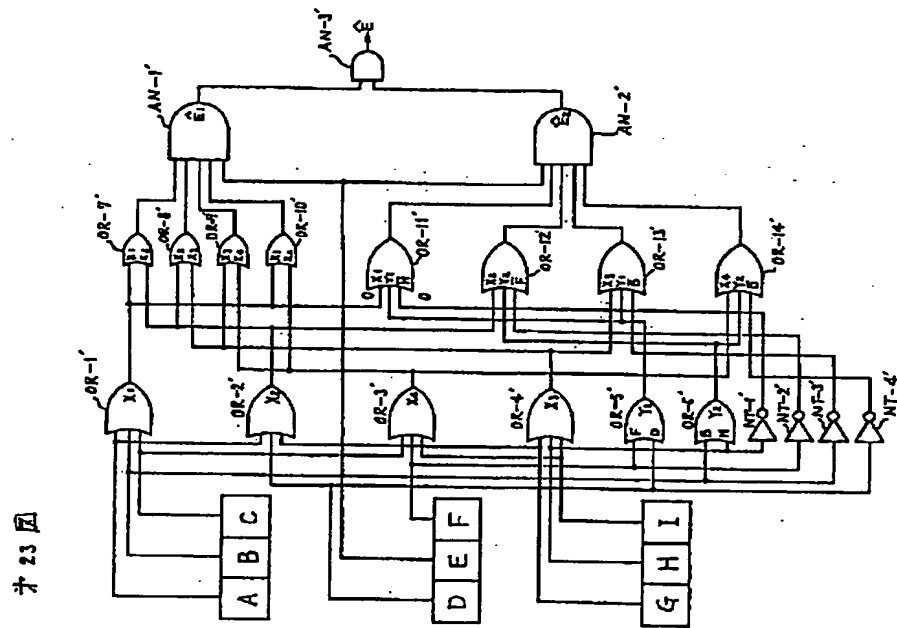


第19図



第20図





才 23 回

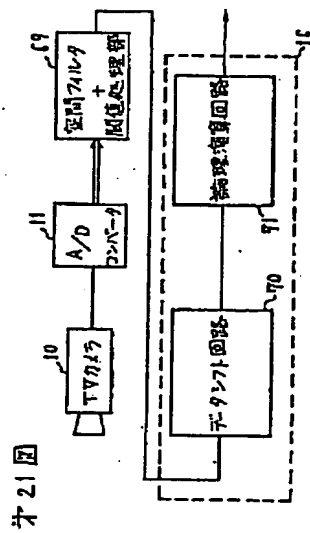
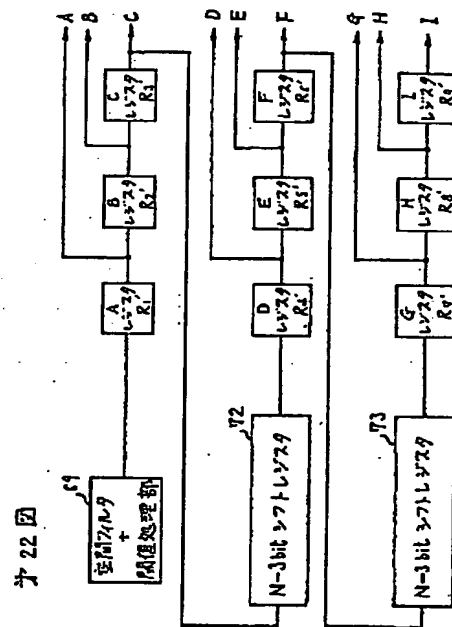
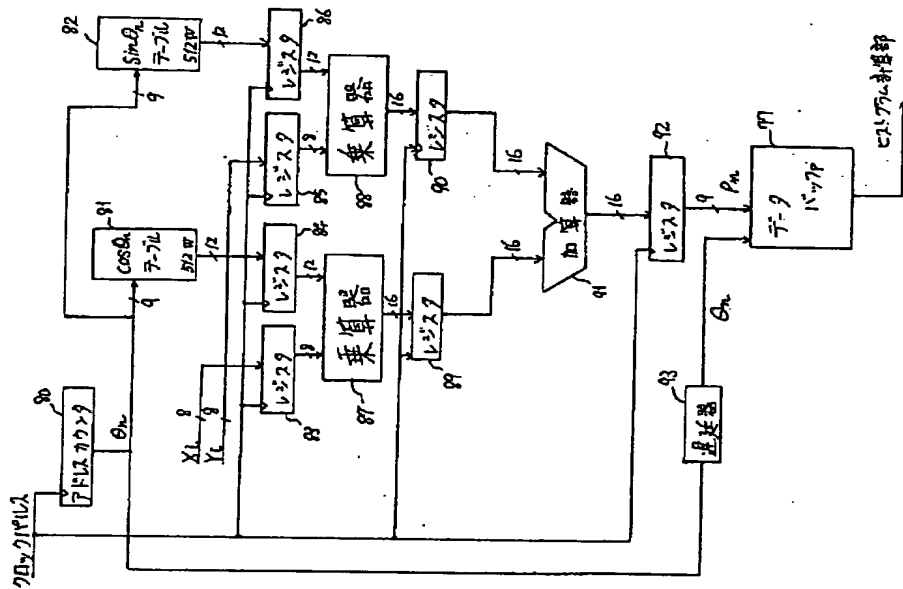


图 21

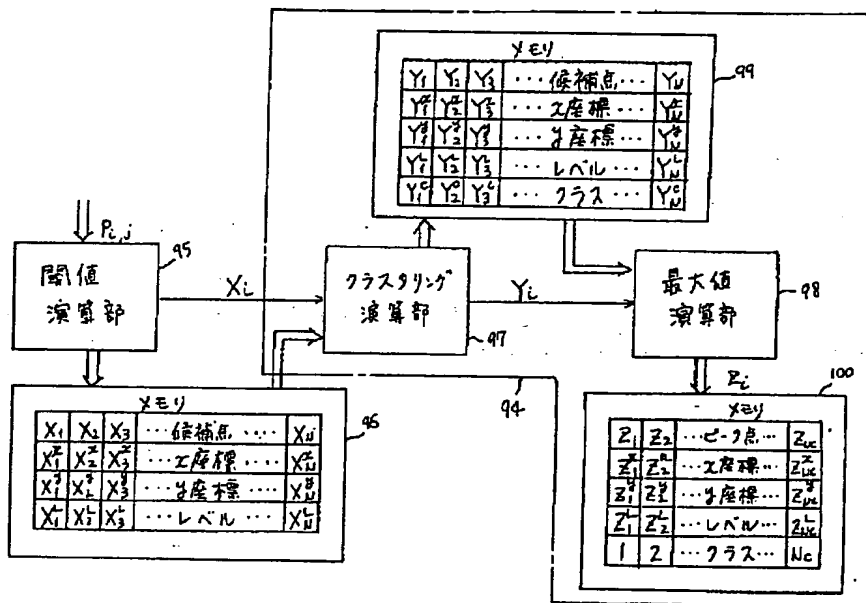


为 22 国

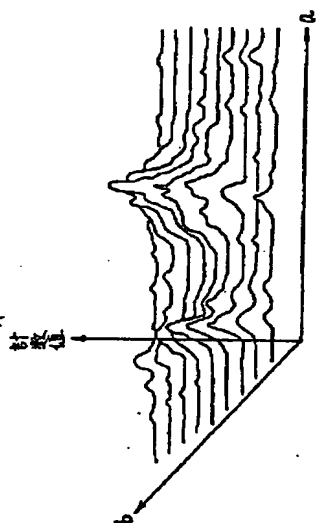
第24図



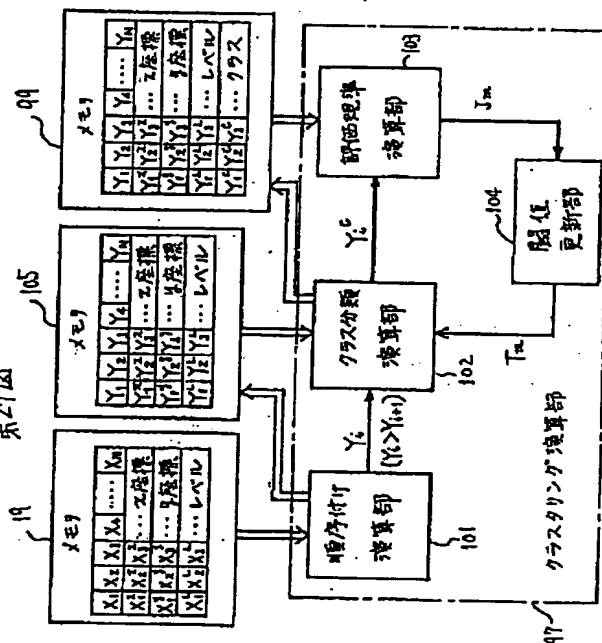
第25図



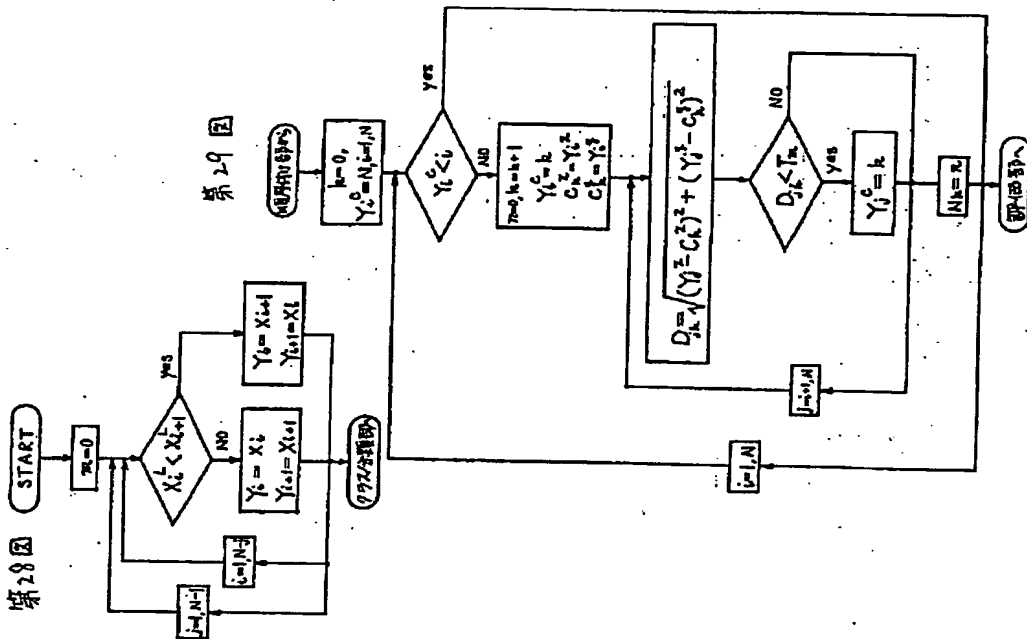
第25図



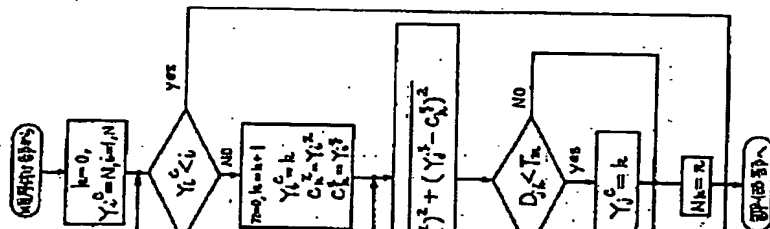
第27図



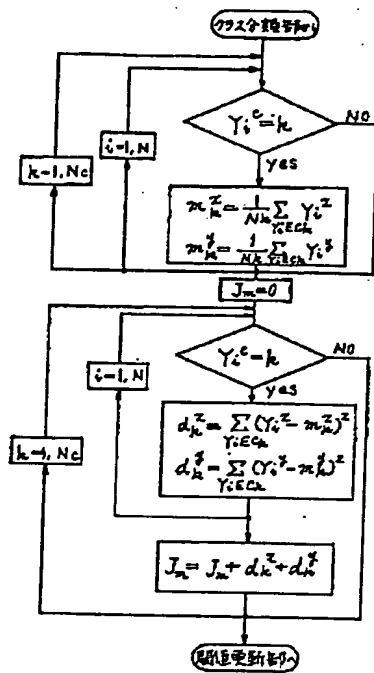
第28図



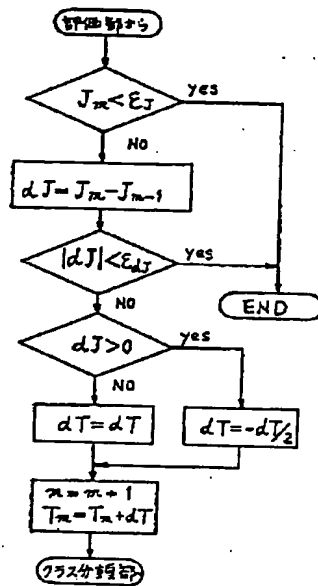
第29図



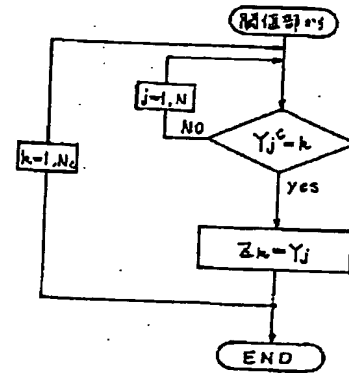
第30図



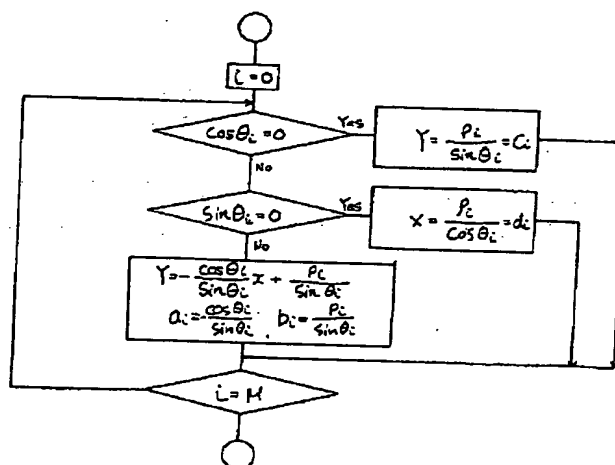
第31図



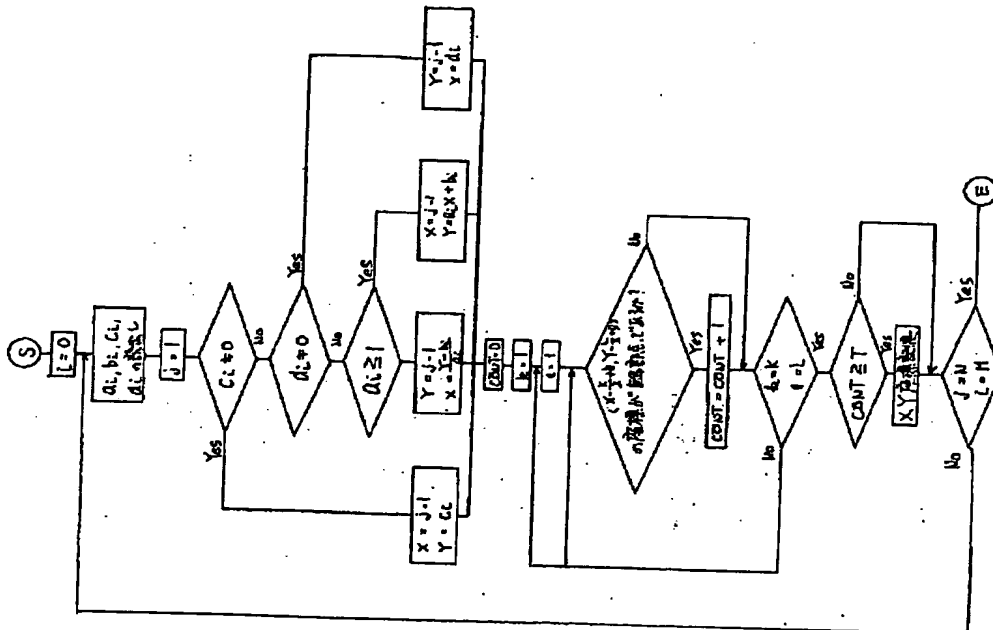
第32図



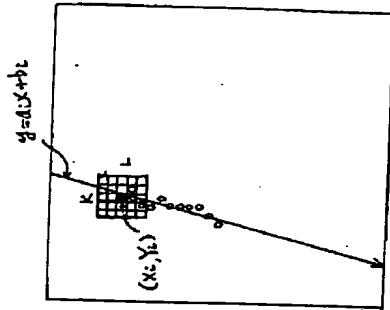
第33図



第34圖



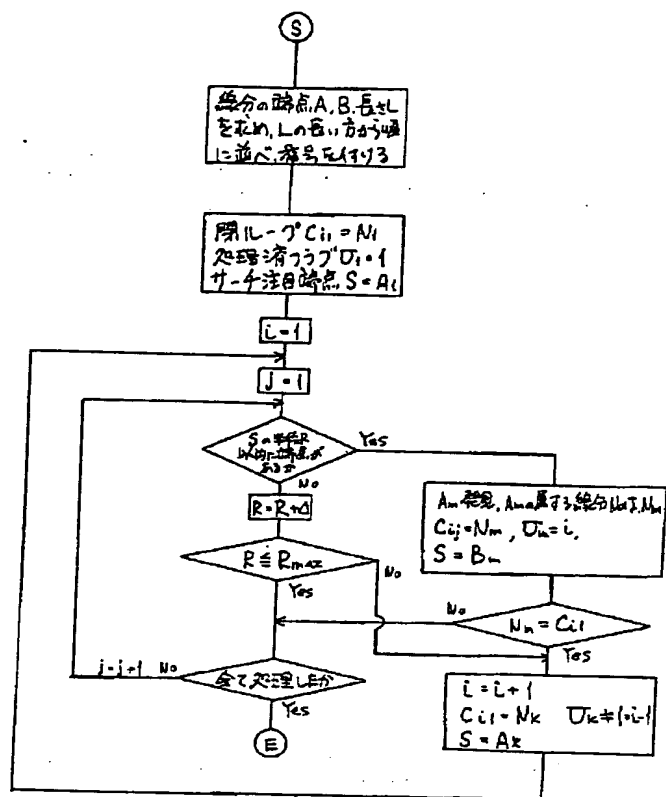
第35圖



第36圖

点A	点B	点C	点D
A1(x1, y1)	B1(x2, y2)	C1(x3, y3)	D1(x4, y4)
A2(x1, y1)	B2(x2, y2)	C2(x3, y3)	D2(x4, y4)
A3(x1, y1)	B3(x2, y2)	C3(x3, y3)	D3(x4, y4)
A4(x1, y1)	B4(x2, y2)	C4(x3, y3)	D4(x4, y4)
A5(x1, y1)	B5(x2, y2)	C5(x3, y3)	D5(x4, y4)
...	...	...	...

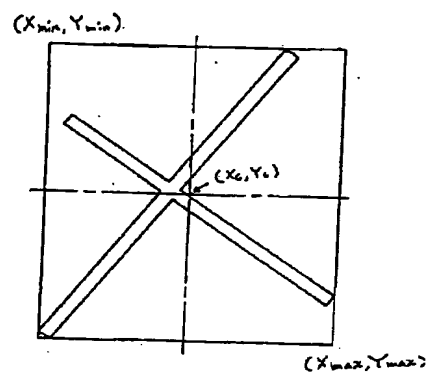
第37図



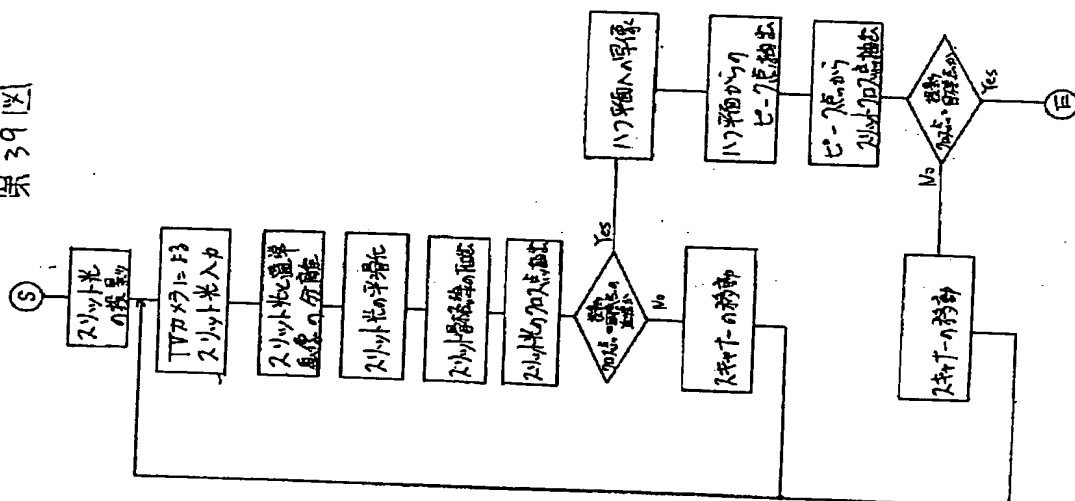
第38図

線分番号	1	2	3	4	5	...
C_1	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	...
C_2	N_2					
C_3						
C_4						
...						

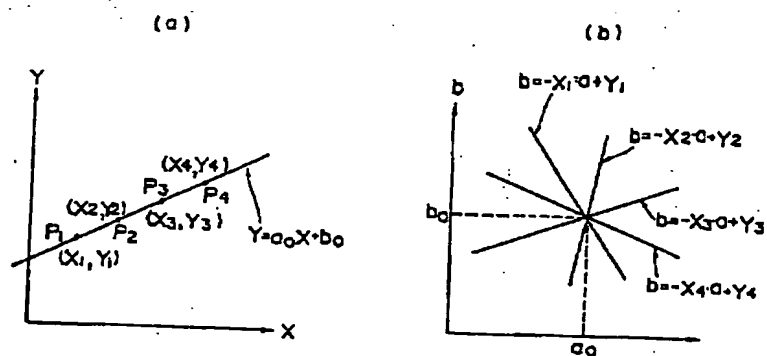
第40図



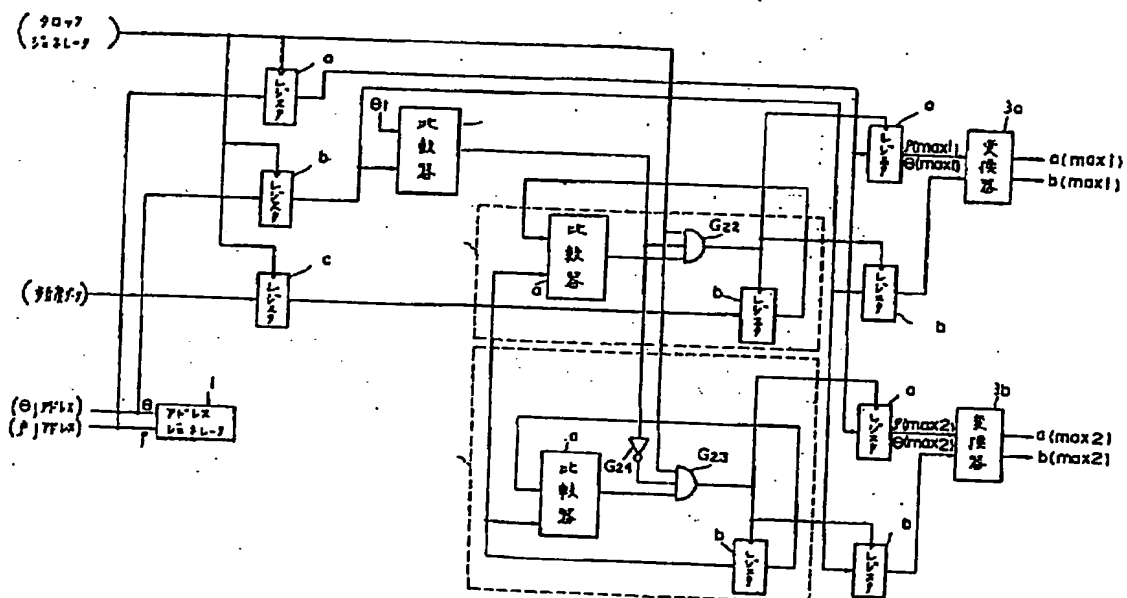
第39図



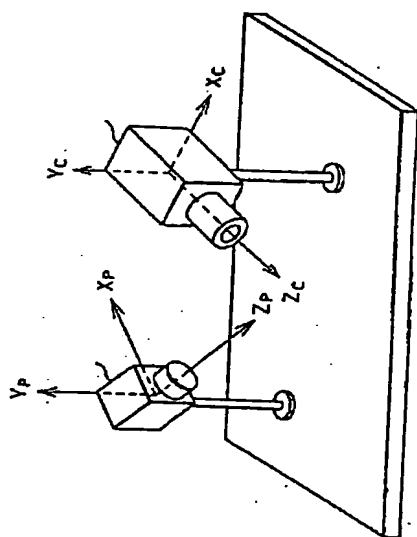
第41圖



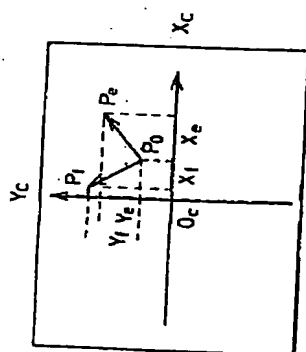
第 42 圖



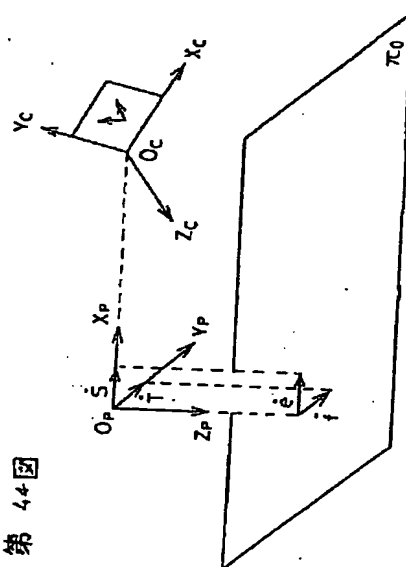
第43 図



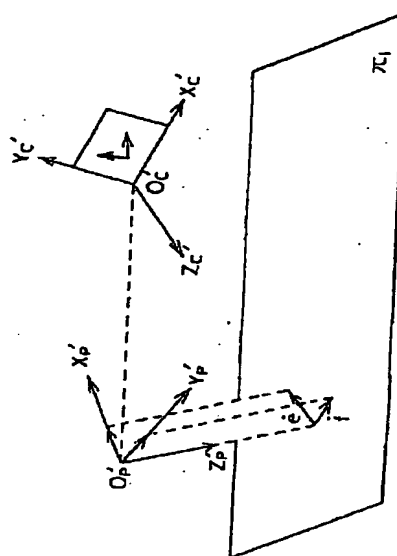
第45 図



第 44 図

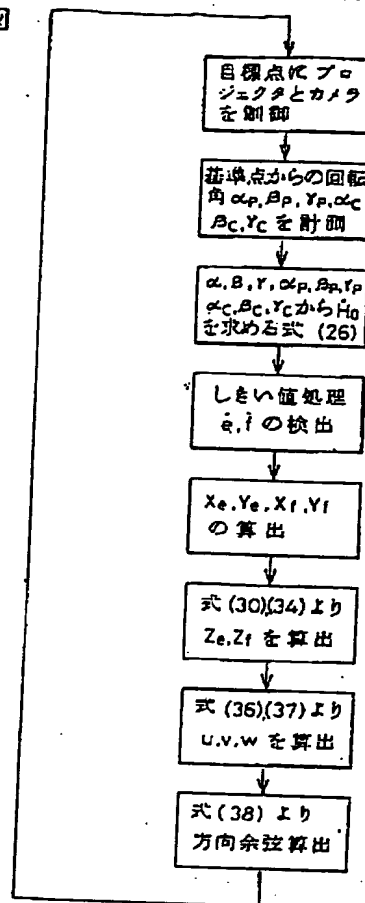
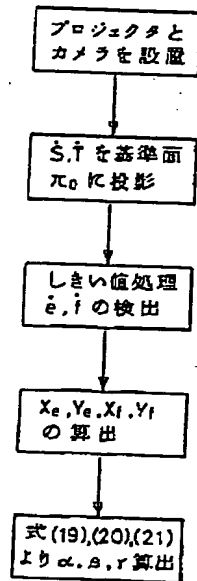


第46 図

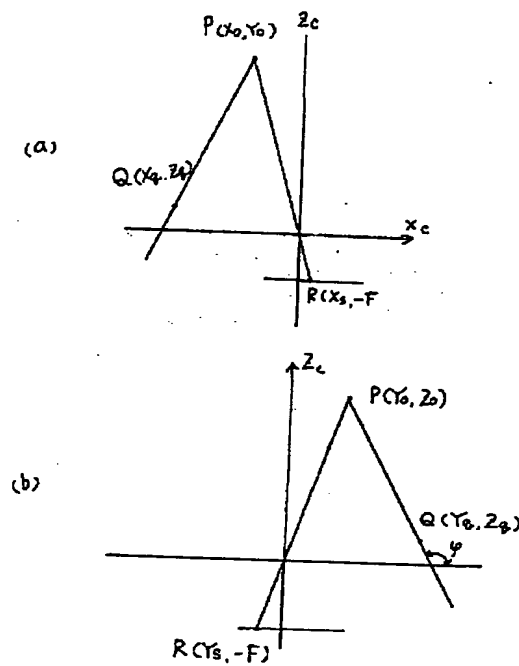


第48 図

第47 図



第49 図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.